

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



 Université
de Lille

 ufr35
faculté
de médecine

MEMOIRE

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

Mélanie MORAIS SANTOS

soutenu publiquement en juin 2022

**L'anxiété mathématique :
proposition de dépistage et d'intervention en milieu scolaire
en classe de CE2.**

MÉMOIRE dirigé par

Sandrine MEJIAS, Maître de conférences, Laboratoire SCALab, Université de Lille.

Lille – 2022

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au soutien de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance et gratitude.

Je voudrais tout d'abord adresser mes sincères remerciements à ma directrice de mémoire, Madame MEJIAS, pour m'avoir offert toute sa patience, sa disponibilité, sa bienveillance et pour m'avoir accompagnée tout au long de ma réflexion.

Merci à Madame HEUGEBAERT d'avoir accepté d'être ma lectrice pour ce mémoire.

Je remercie le personnel des établissements scolaires de m'avoir si gentiment accueillie afin de me permettre de mener à bien cette étude. Je remercie également tous les parents et leurs enfants qui ont accepté de participer à ce mémoire.

Je remercie mes très chers parents, mon frère, mon compagnon et toute ma famille, qui ont toujours témoigné d'une bienveillance précieuse, d'un grand amour et soutien infaillible durant toutes ces années d'études.

Je voudrais aussi exprimer ma reconnaissance envers mes plus précieux amis pour leur soutien moral et intellectuel.

Un grand merci à mes camarades de promotion et à mes maîtres de stage pour leurs encouragements du premier jour jusqu'au dernier.

Résumé :

La littérature ne fait pas état de nombreuses études sur l'anxiété mathématique chez les enfants et des différentes interventions possibles. Des études ont mis en évidence l'efficacité de la cohérence cardiaque pour réduire les troubles anxieux. L'objectif principal de ce mémoire est de montrer une réduction de l'anxiété mathématique chez les enfants scolarisés en classe de CE2 à travers une intervention basée sur la cohérence cardiaque et le biofeedback. Parallèlement, nous avons souhaité vérifier la différence d'anxiété mathématique entre les garçons et les filles et son influence sur les performances mathématiques. Aussi, nous avons observé l'influence du genre (garçons vs. filles) sur les performances mathématiques. L'expérimentation a été conduite auprès d'enfants répartis dans un groupe expérimental (groupe Focus) proposant un outil de respiration et dans un groupe contrôle (groupe Mandala) réalisant des coloriage. En conclusion, les résultats de notre étude n'ont pu mettre en évidence un effet de l'utilisation de notre outil sur la réduction de l'anxiété mathématique ni une influence du genre sur l'anxiété mathématique au sein de notre échantillon d'enfants de CE2. Cependant, nous avons montré que plus les enfants présentent de l'anxiété trait moins bonnes sont leurs performances en mathématiques et que les garçons sont plus performants en mathématiques que les filles. Enfin, des limites ont été relevées dans la méthodologie et la réalisation de l'exercice de respiration

Mots-clés :

Anxiété mathématique – enfants - fréquence cardiaque – cohérence cardiaque – biofeedback.

Abstract :

The literature does not report many studies on children's mathematical anxiety and the different possible interventions. Studies have shown the effectiveness of cardiac coherence in reducing anxiety disorders. The main objective of this dissertation is to demonstrate a reduction in children's mathematical anxiety in the third grade through an intervention based on cardiac coherence and biofeedback. At the same time, we wanted to verify the difference in mathematical anxiety between boys and girls and its influence on mathematical performance. Also, we observed the influence of gender (boys vs. girls) on mathematical performance. The experiment was conducted with children divided into an experimental group (Focus group) offering a breathing tool and a control group (Mandala group) performing coloring. In conclusion, the results of our study did not show an effect of our tool on the reduction of mathematical anxiety nor an influence of gender on mathematical anxiety in our sample of third grade children. However, we have shown that the more anxiety children have, the worse their performance in mathematics is and that boys perform better in mathematics than girls. Finally, limitations were noted in the methodology and execution of the breathing exercise.

Keywords :

Math anxiety - children - heart rate - heart coherence - biofeedback.

Table des matières

Table des matières	4
Introduction	1
Contexte, buts et hypothèses théorique	2
1. L'anxiété trait et l'anxiété mathématique	2
1.1. L'anxiété trait	2
1.2. L'anxiété mathématique	4
2. La cohérence cardiaque et le biofeedback	9
2.1. Définitions	9
2.2. Application de la cohérence cardiaque et résultats	10
3. Buts et hypothèses	10
Méthode	11
1. Population	11
1.1. Présentation de l'échantillon	11
1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion	12
1.3. Procédure de recrutement	12
2. Matériel	12
2.1. Questionnaires SNAP-IV 26 items (cf. Annexe A4)	12
2.2. Questionnaire parental	13
2.3. Tests évaluant les capacités mathématiques	13
2.4. Questionnaires d'anxiété trait	14
2.5. Questionnaires d'anxiété mathématique	14
2.6. Subtests cognitifs issus de la WISC-V (Weschler, 2014)	15
2.7. Outil Focus, oxymètre et autre matériel (cf. Annexe A7)	16
3. Modalités de passation	17
3.1. Recueil des autorisations parentales	17
3.2. Protection des données	17
3.3. Passations	17
3.4. Encodage des résultats	18
Résultats	19
1. Efficacité de l'intervention Focus et diminution de l'anxiété	20
2. Anxiété mathématique et genre	21
3. Anxiété mathématique et performances mathématiques	22
4. Performances mathématiques et genre	24
Discussion	24
1. Efficacité de l'intervention Focus et diminution de l'anxiété	25
2. Anxiété mathématique et genre	26
3. Anxiété mathématique et performances mathématiques	26
4. Performances mathématiques et genre	26
5. Limites méthodologiques	27
5.1. Objectif du mémoire	27
5.2. Biais de sélection des participants	27
5.3. Pertinence des tests employés	27

5.4.	Contraintes liées à la passation.....	27
5.5.	Apport en orthophonie	28
5.6.	Pistes pour de futures recherches	28
Conclusion		29
Bibliographie.....		31
Liste des annexes.....		35
Annexe n°1 : Questionnaire STAI-C (State Trait Anxiety Inventory for Children).....		35
Annexe n°2 : Questionnaire PANAS-SF (Positive and Negative Affect Schedule).....		35
Annexe n°3 : Les trois caractéristiques d'une réponse émotionnelle du questionnaire SAM (Self-Assessment Manikin)		35
Annexe n°4 : Questionnaire SNAP-IV 26 items.....		35
Annexe n°5 : Questionnaire EES-AMAS (The Early Elementary School Abbreviated Math Anxiety Scale)		35
Annexe n°6 : Questionnaire mAMAS (The Modified Abbreviated Math Anxiety Scale).....		35
Annexe n°7 : Présentation de l'outil Focus.....		35

Introduction

L'anxiété mathématique est une anxiété parmi d'autres anxiétés situationnelles, caractérisée par un sentiment d'appréhension et de tension qui survient dans les situations impliquant le traitement d'informations numériques (Richardson & Suinn, 1972). Elle se manifeste de façon variable chez les enfants et survient dès leur scolarisation en école élémentaire. Elle peut se répercuter jusque dans leur vie d'adulte, au cours de tâches quotidiennes (Fayol, 2018). L'anxiété mathématique est sous-diagnostiquée de nos jours, car elle est souvent confondue avec une anxiété état (trait caractéristique d'un individu). De plus, les méthodes cliniques permettant de réduire l'anxiété mathématique sont rares.

L'anxiété mathématique représente une problématique sociale essentielle puisqu'elle génère des évitements dans la vie quotidienne (ex., l'exposition à un calcul rapide lors d'un achat) et des modifications de parcours scolaires et/ou professionnels. Il est primordial de la repérer dès le plus jeune âge afin de limiter les conséquences sur les apprentissages et sur le bien être psychologique.

Des études ont montré l'efficacité de la cohérence cardiaque sur le traitement des troubles anxieux. La cohérence cardiaque apparaît alors comme une piste pour traiter l'anxiété mathématique. De surcroît, des études ont aussi mis en évidence des différences de performances mathématiques entre les filles et les garçons. De même, une différence d'anxiété mathématique est observée entre les garçons et les filles.

Partant du constat selon lequel la cohérence cardiaque est efficace pour traiter les troubles anxieux, l'objectif principal de ce mémoire est de tester l'efficacité d'un outil de respiration couplant cohérence cardiaque et biofeedback sur l'anxiété mathématique. Si cela fonctionne, alors nous devrions observer une diminution de la fréquence cardiaque et une diminution de l'anxiété rapportée au sein de questionnaires présentés à l'enfant. Grâce aux diverses données collectées dans cette étude, nous allons avoir l'opportunité de nous intéresser à l'influence du genre (garçons vs. filles) sur l'anxiété mathématique. Nous nous intéresserons également aux répercussions de l'anxiété mathématique sur les performances mathématiques et aux répercussions du genre sur les performances mathématiques.

Notre étude a été menée auprès d'enfants scolarisés en classe de CE2. Ils ont été répartis soit dans le groupe expérimental (Focus) proposant un outil de respiration couplant biofeedback visuel et cohérence cardiaque, soit dans le groupe contrôle (Mandala) réalisant des coloriations. Ce mémoire constitue les prémices d'une étude à plus grande échelle.

Dans le cadre théorique de ce mémoire, nous distinguerons l'anxiété trait vs. l'anxiété état et nous développerons les notions de cohérence cardiaque et biofeedback. Nous présenterons ensuite une liste non exhaustive des questionnaires disponibles dans la littérature pour dépister l'anxiété trait et l'anxiété mathématique. Puis, nous expliciterons la méthodologie employée dans le recrutement de notre population, et nous détaillerons les questionnaires et les tests utilisés dans notre étude. Enfin, nous présenterons les résultats obtenus à l'issue de ces épreuves, et les discuterons en les confrontant aux hypothèses attendues.

Contexte, buts et hypothèses théoriques

C'est Freud qui le premier a décrit l'anxiété comme étant le « phénomène fondamental et le problème central de la névrose » (Freud, 1936, p. 85). Cependant les recherches sur l'anxiété humaine ne se sont développées qu'à partir des années 1950. Cattell a introduit pour la première fois les concepts d'état et de trait d'anxiété (Cattell, 1966 ; Cattell & Scheier, 1961, 1963) et c'est Spielberger qui les a élaborés par la suite (Spielberger, 1966, 1972). L'anxiété peut être décrite comme un état situationnel désagréable (ex., exposition aux mathématiques) ou comme une prédisposition à l'anxiété en tant que trait de personnalité (c.-à-d., différences individuelles qui conduisent à une anxiété trait).

Freud (1975 ; cité par Flament et al., 2014) précise que le concept d'anxiété infantile (enfants et adolescents) était ignoré jusqu'au début du XXème siècle. L'anxiété de l'enfant est courante, mais encore fortement sous-diagnostiquée du fait de ses multiples manifestations cliniques qui s'expriment différemment selon les phases de développement de l'enfant pendant lesquelles elle est diagnostiquée. Les outils d'évaluation disponibles, que nous présentons dans ce mémoire, sont peu nombreux et peuvent entraîner un problème de fiabilité et de validité interévaluateurs (Bouden et al., 2002). L'anxiété mathématique, anxiété spécifique et situationnelle, est davantage sous-diagnostiquée. En conséquence, elle ne doit pas être sous-estimée, car elle influence un grand nombre d'activités quotidiennes et provoque jusqu'à des évitements situationnels voire des modifications de parcours professionnels ou scolaires.

1. L'anxiété trait et l'anxiété mathématique

L'anxiété trait et l'anxiété mathématique, bien que partageant une appellation commune, sont deux entités distinctes.

L'anxiété trait est une caractéristique individuelle stable conduisant à ressentir de l'anxiété au quotidien, à la différence de l'anxiété état qui correspond à l'anxiété ressentie par un individu à un instant précis en réponse à un stimulus (Bardel & Colombel, 2009). Autrement dit, l'anxiété trait est un sentiment d'appréhension, de tension, de nervosité qu'un individu ressent habituellement au quotidien tandis que l'anxiété état correspond à une anxiété liée à une situation particulière (Spielberger, 1980).

1.1. L'anxiété trait

Après avoir clairement opposé et distingué l'anxiété trait de l'anxiété état, il convient maintenant de les définir individuellement et de préciser les différents moyens qui permettent de les évaluer.

1.1.1. Définition

D'une façon assez générale, le dictionnaire français Le Petit Robert de la Langue française (2016), définit l'anxiété comme un « état de trouble psychique causé par le sentiment de l'imminence d'un évènement fâcheux ou dangereux, s'accompagnant souvent de phénomènes physiques ».

Lorsque l'anxiété est intense et généralisée, elle en devient un trouble (et non plus un trait

de personnalité). Pour diagnostiquer le trouble anxieux généralisé, le DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013) retient les critères suivants :

- Anxiété et soucis excessifs depuis au moins six mois
- Difficultés à contrôler cette préoccupation.
- L'anxiété est accompagnée des symptômes suivants (depuis au moins les six derniers mois) : agitation, fatigabilité, difficulté de concentration ou de mémoire, irritabilité, tension musculaire, perturbation du sommeil
- L'anxiété n'est pas associée à une autre pathologie psychiatrique (ex., troubles de l'humeur, de l'adaptation, de la personnalité, etc.)
- L'anxiété répercute sur le fonctionnement social et professionnel
- La perturbation ne résulte pas des effets physiologiques directs d'une substance. Elle n'est pas mieux expliquée par une affection médicale générale. Elle n'apparaît pas au cours d'un trouble psychotique, d'un trouble de l'humeur ou d'un trouble envahissant du développement.

La spécificité du trouble anxieux pédiatrique généralisé se caractérise par une anxiété et des inquiétudes excessives et incontrôlables, des symptômes survenant depuis au moins six mois et répercutant sur la vie sociale, scolaire et familiale. Les critères spécifiques cités précédemment doivent être accompagnés d'au moins un des critères suivants : agitation ou surexcitation ou nervosité, fatigue, difficultés de concentration, irritabilité, tension musculaire, trouble du sommeil (American Psychiatric Association, 2013).

L'anxiété se manifeste sur le plan cognitif, comportemental et physique. Sur le plan physique, elle s'accompagne d'indices physiologiques tels que l'augmentation de la fréquence cardiaque, de la tension artérielle, de la respiration ou bien encore l'augmentation des activités digestives et vésicales (Servant, 2015).

1.1.2. Évaluation

Il est difficile d'établir des normes pour un questionnaire évaluant l'anxiété trait car elle est très subjective et se heurte aux problèmes de fiabilité et de validité interévaluateurs. En effet, la perception de l'anxiété varie d'un évaluateur à un autre et pourrait ainsi être sur-évaluée ou au contraire, sous-évaluée.

Différents questionnaires sont disponibles afin de dépister l'anxiété chez les enfants.

Le STAI-C (State Trait Anxiety Inventory for Children) (Spielberger et al., 1973), permet d'évaluer l'anxiété trait. Il mesure les traits anxieux et les réactions dans différentes situations. Il s'agit d'un questionnaire d'auto-évaluation dans lequel le sujet évalue lui-même sa perception de l'anxiété ce qui réduit les biais induits par les évaluateurs. L'enfant doit lire des phrases (ex., « ça m'inquiète de me tromper ») et décider si elles s'appliquent à lui « presque jamais », « quelquefois », ou « souvent ».

Le PANAS-SF (Positive and Negative Affect Schedule) (Watson et al., 1988) est composé de deux échelles : la première échelle est une échelle d'affectivité positive (PANAS +) comportant dix items et la seconde est une échelle d'affectivité négative (PANAS -) comportant également dix items. Il s'agit d'un questionnaire mesurant les humeurs et les sensations positives (PANAS +) et négatives (PANAS -). L'enfant doit lire des adjectifs proposés (ex.,

« angoissé/stressé ») et indiquer comment il se sent en ce moment précis ou en général (« très peu ou pas du tout », « peu », « modérément », « beaucoup », « énormément »). Elle a été traduite en français en 2007 par Caci et Bayle.

Le SAM (Self-Assessment Manikin) (Bradley & Lang, 1994) est un questionnaire non-verbal constitué d'images, développé pour mesurer une réponse émotionnelle. Les images représentent des bonhommes évoquant des émotions opposées (c-à-d., « très malheureux » vs. « très heureux »). Ce questionnaire mesure trois caractéristiques d'une réponse émotionnelle : la « valence » (plaisir, « très malheureux » vs. « très heureux »), l'arousal (excitation, « très calme » vs. « très excité ») et le « stress » (« pas du tout stressé » vs. « très stressé »). Sur une échelle de Likert allant de zéro à cent, l'enfant doit indiquer à quel point il se sent concerné au moment même par l'émotion évoquée. Le format de ce questionnaire facilite la compréhension auprès des enfants.

Ces trois échelles ont l'avantage d'être disponibles en langue française. Toutefois, de nombreuses informations sont manquantes ou imprécises dans la littérature. Les âges précis pour ces questionnaires ne sont pas toujours disponibles.

Voici une synthèse arbitraire et non exhaustive répertoriant les questionnaires d'anxiété trait disponibles dans la littérature pour les enfants (cf. Tableau 1).

Tableau 1. Synthèse des questionnaires d'anxiété trait disponibles pour les enfants.

	STAI-C (cf. Annexe A1)	PANAS-SF (cf. Annexe A2)	SAM (cf. Annexe A3)
Titre	State Trait Anxiety Inventory for Children	Positive and Negative Affect Schedule	Self-Assessment Manikin
Auteurs	Spielberger et al.	Watson et al.	Bradley, Lang
Année de parution	1973	1988	1994
Cible	9 à 12 ans.	Enfants d'âge scolaire.	Enfants et adultes.
Type de questionnaire	Questionnaire verbal.	Questionnaire verbal	Questionnaire non-verbal
Caractéristiques	Echelle de Likert sur 4. 20 exemples de situations, indiquer à quelle fréquence elles s'appliquent à l'enfant.	Echelle de Likert sur 5. 2 échelles. 20 items. Adjectifs proposés, indiquer à quelle intensité ils décrivent le ressenti de l'enfant.	Echelle pictographique. 3 valeurs émotionnelles.

1.2. L'anxiété mathématique

Gough est le premier à avoir décrit l'anxiété mathématique dans la littérature, en 1954. Elle a d'abord été nommée « métaphobie » (Gough, 1954) puis « anxiété mathématique ».

Nous allons présenter les échelles spécifiques, disponibles dans la littérature, qui permettent de l'évaluer. Nous aborderons également les origines neurobiologiques de l'anxiété mathématique, l'influence du genre (garçons vs. filles) sur l'anxiété mathématique et les répercussions de l'anxiété mathématique sur les performances mathématiques.

1.2.1. Définition

L'anxiété mathématique est une anxiété situationnelle qui peut varier en intensité. Elle s'accompagne de diverses manifestations psychiques et somatiques à la pensée des mathématiques ou à une exposition directe à une tâche mathématique. Le stimulus peut être spécifique au milieu scolaire et/ou professionnel ou non spécifique, c'est-à-dire relatif au quotidien (ex., calculer mentalement un montant rapidement lors d'achats).

1.2.2. Évaluation

Différentes échelles sont disponibles afin de dépister l'anxiété mathématique chez les enfants. A l'inverse de l'anxiété trait, les échelles évaluant l'anxiété mathématique sont plus nombreuses.

La MARS-E (Math Anxiety Rating Scale - Elementary) (Suinn et al., 1988) est une échelle adaptée de la MARS (Mathematics Anxiety Rating Scale) (Richardson & Suinn, 1972), qui est destinée aux adultes. La MARS-E, adaptée aux enfants, est composée de 26 items qui évaluent le degré d'anxiété mathématique dans des situations spécifiques. Les enfants répondent grâce à une échelle de Likert à cinq points, allant de la position exprimant l'état « pas du tout nerveux » à la position exprimant l'état « très très nerveux ». La MARS est le questionnaire d'anxiété mathématique le plus largement utilisé (Pletzer et al., 2016).

La mAMAS (The Modified Abbreviated Math Anxiety Scale) (Carey et al., 2017) est une échelle abrégée de la AMAS (Hopko et al., 2003), qui est destinée aux adultes. La mAMAS est composée de neuf items. Pour chaque affirmation, l'enfant doit indiquer à quel point il se sentirait anxieux grâce à une échelle de Likert à cinq points, allant de la position exprimant l'état « faiblement anxieux » à la position exprimant l'état « fortement anxieux ».

La EES-AMAS (The Early Elementary School Abbreviated Math Anxiety Scale) (Primi et al., 2020) est également une version modifiée et abrégée de la AMAS. Grâce à une échelle de Likert à cinq points allant de la position exprimant « peu d'anxiété » à la position exprimant « beaucoup d'anxiété », l'enfant doit indiquer à quel point il se sent anxieux pour chaque affirmation. Aucun qualificatif n'est attribué aux points deux, trois et quatre. Il convient d'aider l'enfant et de lui proposer des alternatives telles que la ligne numérique, la bande numérique ou l'affiche des nombres pour l'aider à comprendre l'échelle de Likert. La mAMAS et la EES-AMAS sont parmi les rares échelles disponibles en français.

La MASC (Mathematics Anxiety Scale for Children) (Chiu & Henry, 1990) est composée de 22 items. Ces items reprennent des exemples d'activités pour lesquelles les enfants doivent noter leur niveau d'anxiété sur une échelle de Likert à quatre points allant de la position exprimant « pas nerveux » à la position exprimant « très très nerveux ».

La CMAQ (Children's Math Anxiety Questionnaire) (Ramirez et al., 2013) est composée de huit items. Il s'agit de questions présentant des exemples d'énoncés mathématiques et évaluant comment l'enfant se sentirait face à une question similaire (ex., « Comment te sens-tu lorsque tu dois résoudre $34 - 17$? »). Pour répondre à ces questions, les

enfants doivent utiliser une échelle avec trois bonhommes. Le premier bonhomme sourit et se situe à zéro, ce qui signifie « pas nerveux du tout, très calme ». Le second est neutre et se situe à huit, ce qui signifie « un peu nerveux ». Le dernier pleure et se situe à seize, ce qui signifie « très très nerveux ». Avant de proposer les items, l'examineur explicite l'échelle fournie et ce que signifient les trois bonhommes tout en fournissant des exemples de situations quotidiennes en absence de lien avec les mathématiques.

La SEMA (Scale for Early Mathematic Anxiety) (Wu et al., 2012) est une échelle adaptée de la MARS (Richardson et Suinn, 1972). Elle est composée de vingt questions. Les dix premières questions évaluent l'anxiété mathématique liée à la résolution de problèmes tels que « Est-ce exact ? $9 + 7 = 18$. ». Les dix dernières questions évaluent l'anxiété mathématique liée à des situations sociales (ex., « tu es sur le point de passer un test de mathématiques »). Les enfants doivent évaluer leur niveau d'anxiété grâce à une échelle de Likert à cinq points allant de la position « pas du tout nerveux » à la position « très très nerveux ». Cette échelle est accompagnée de représentations de visages anxieux et non anxieux pour aider les enfants à identifier leur niveau d'anxiété. Les enfants peuvent ainsi répondre grâce aux deux modalités : verbale ou visuelle.

Parmi toutes les échelles citées ci-dessus, la plupart sont limitées dans leur utilisation avec de jeunes enfants à cause de leur contenu et de leur format de présentation. Nous pouvons notamment citer la MASC et le CMAQ qui utilisent des étiquettes écrites pour proposer différents niveaux d'anxiété. Ces étiquettes rajoutent un facteur de difficulté relatif à la compréhension écrite qui peut être compromise. De plus, ces échelles sont confrontées à des limites quant aux tranches d'âges pour leur administration. En effet, la MARS-E et la MASC peuvent être administrées à plus d'individus, car elles s'adressent à une tranche d'âge plus large contrairement à la SEMA qui, par exemple, est une échelle précoce destinée uniquement à des enfants de sept à neuf ans (Petronzi, 2019). De plus, certaines de ces échelles ne sont pas disponibles en langue française, ce qui réduit le choix d'utilisation parmi les différentes échelles.

Voici une synthèse arbitraire et non exhaustive répertoriant les échelles d'anxiété mathématique disponibles dans la littérature pour les enfants (cf. Tableau 2).

Tableau 2. Échelles de dépistage de l'anxiété mathématique disponibles pour les enfants.

Nom de l'échelle	Auteurs	Année de parution	Population	Caractéristiques
MASC	Chiu & Henry	1990	9 à 14 ans (« fourth and eight grade »)	22 items. Echelle de Likert sur 4.
CMAQ	Ramirez et al.	2013	6 à 8 ans (« first and second grade »)	8 items Echelle illustrée de 3 pictogrammes. Echelle de Likert sur 3.
SEMA	Wu et al.	2012	7 à 9 ans (« second and third grade »)	Basée sur la MARS. 20 questions. Echelle de Likert sur 5.
EES-AMAS	Primi et al.	2020	6 à 7 ans	Version modifiée/abrégée de l'AMAS. 9 items. Echelle de Likert sur 5.
MARS-E	Suinn et al.	1988	9 à 11 ans	26 items. Echelle de Likert sur 5.
mAMAS	Carey et al.	2017	8 à 13 ans	Version modifiée/abrégée de la AMAS. 9 items. Echelle de Likert sur 5.

1.2.3. Conséquences neurologiques et développementales

L'anxiété mathématique engendre une activité dans des régions cérébrales impliquées dans le calcul et les émotions négatives (Young et al., 2012).

Une étude menée avec la technique d'IRM fonctionnelle a permis d'observer chez quarante-sept enfants âgés de sept à neuf ans une hyperactivité des régions droites de l'amygdale lors de tâches de calcul (Maloney & Beilock, 2012). Les enfants devaient déterminer si des additions et des soustractions étaient correctes (ex., « $2 + 5 = 7$ »). L'hyperactivité cérébrale était accompagnée d'une diminution de l'activité dans le cortex préfrontal dorsolatéral et dans le lobe pariétal postérieur (sièges de la mémoire de travail et du traitement numérique). Les effets observés semblent spécifiques à l'anxiété mathématique et non à l'anxiété générale, à l'intelligence, à la mémoire de travail ou à la capacité de lecture (Young et al., 2012).

1.2.4. Répercussions de l'anxiété mathématique sur les performances mathématiques

Selon Fayol (2018), les difficultés d'acquisitions arithmétiques seraient à l'origine de l'apparition de l'anxiété mathématique. Il distingue par ailleurs les individus hautement anxieux des individus faiblement anxieux. Si les difficultés mathématiques sont à l'origine de cette anxiété mathématique alors il serait intéressant et pertinent de vérifier si l'anxiété mathématique pourrait être présente en l'absence de difficultés mathématiques. L'étude de Maloney et Beilock (2012) a mis en évidence que les personnes souffrant d'anxiété mathématique ont des performances faibles en arithmétique malgré des capacités de raisonnement normales. Les évaluations PISA montrent une relation négative entre anxiété et performances mathématiques, c'est-à-dire que ceux qui sont anxieux réussissent moins bien que les autres (Foley et al., 2017).

A la lumière de ce qui précède, nous nous demandons alors s'il existe une différence d'anxiété entre les garçons et les filles. Nous nous demandons également si l'anxiété mathématique et le genre (garçons vs. filles) influencent les performances mathématiques. Ces problématiques sous-jacentes sont pertinentes, car elles pourraient sous-tendre une origine neurodéveloppementale et une prédisposition à l'anxiété mathématique plus élevée pour l'un des deux sexes. De plus, cette problématique aiderait dans la prévention et la prise en charge de l'anxiété mathématique. Vilette (2017) souligne que le niveau d'anxiété mathématique des filles est significativement plus élevé que celui des garçons malgré des performances mathématiques égales. Par ailleurs, Maloney et ses collaborateurs (2012) ont montré que l'anxiété mathématique touche davantage les femmes que les hommes, sous-tendu par le stéréotype affirmant que les femmes seraient moins performantes en mathématiques que les hommes.

Partant du fait que l'anxiété mathématique touche davantage les femmes à cause de stéréotypes inculqués, nous pouvons alors nous interroger sur le rôle des enseignants et des parents, qui accentuent ou réduisent cette anxiété mathématique par le stéréotype de genre et par leur comportement. Lorsque les enseignantes sont elles-mêmes anxieuses vis-à-vis de leurs capacités en mathématiques, il est fortement possible qu'elles transmettent leur anxiété aux élèves, mais uniquement aux filles. Une étude menée par Beilock et al. (2010) sur des enseignantes américaines a montré que leur anxiété face aux mathématiques a des conséquences négatives sur les résultats en mathématiques de leurs élèves de sexe féminin. Deux histoires ont été lues aux élèves, filles et garçons confondus. La première histoire évoquait un élève très doué en mathématiques et l'autre un élève très doué en lecture. Après chaque histoire, les enfants devaient imaginer et dessiner l'élève de l'histoire et indiquer si l'élève qu'ils avaient dessiné était un garçon ou une fille. A la fin de ces deux histoires et des dessins, un score de croyance a été attribué. Si les enfants dessinaient un garçon pour représenter l'élève très doué en mathématiques et une fille pour représenter l'élève très doué en lecture alors ils adhéraient au stéréotype de genre. Plus le score de croyance était élevé, plus les enfants adhéraient au stéréotype selon lequel les garçons sont forts en mathématiques et les filles en lecture. Les filles qui confirmaient ce stéréotype avaient des résultats en mathématiques nettement inférieurs aux garçons et à ceux des filles qui ne le confirmaient pas. Parallèlement, une corrélation a également été observée entre l'anxiété des parents et celle de leur enfant (Beilock et al., 2010).

Dans l'hypothèse où les difficultés d'acquisitions arithmétiques seraient à l'origine de l'apparition de l'anxiété mathématique (Fayol, 2018), il serait intéressant d'identifier la période à laquelle se développe l'anxiété mathématique. Vilette (2017) met en évidence que l'anxiété mathématique peut apparaître au début du primaire. La relation entre l'anxiété et les performances mathématiques apparaît dès le CE1 après une année de scolarisation en CP et peut concerner une activité aussi élémentaire que celle de dénombrement de petites collections allant de un à neuf (Maloney et al., 2010). L'anxiété mathématique est donc spécifique aux disciplines en lien direct avec les mathématiques, et ne se retrouve pas dans des tâches telles que la compréhension ou la production de textes.

Au-delà d'affecter spécifiquement les disciplines liées aux mathématiques, l'anxiété mathématique perturbe également la mémoire de travail. Si la mémoire de travail est perturbée, les performances en mathématiques s'en trouvent également affectées (Maloney & Beilock, 2012). Lorsque les personnes anxieuses sont confrontées à une tâche mathématique, elles sont préoccupées par la situation anxieuse et ses conséquences. Ce sont ces inquiétudes qui créent des ruminations mentales et empêchent l'accès aux ressources cognitives telles que la mémoire de travail (système à court terme permettant de retenir des informations importantes dans la réalisation d'une tâche). Ashcraft et ses collaborateurs (2001) ont mis en évidence ce lien à travers des tâches d'opérations simples (petits nombres) ou complexes (plus grands nombres) chez des participants faiblement ou hautement anxieux. A cette tâche de résolution d'opérations, s'ajoutent des séries de deux à six lettres que les participants doivent garder en mémoire. Les hautement anxieux sont ceux présentant les performances les plus faibles dans des conditions de plus grande charge mentale (ex., six lettres). Ainsi, les pensées sont dédiées aux ruminations mentales, ce qui empêche les individus de porter leur attention sur la tâche en question. Ils se retrouvent alors dans une situation de double tâche et de surcharge cognitive.

Ainsi, nous nous demandons comment mesurer physiologiquement cette anxiété mathématique et comment proposer une intervention efficace afin d'éviter toutes les répercussions citées ci-dessus.

Par ailleurs, les méthodes cliniques permettant de réduire l'anxiété mathématique sont rares. Parmi ces rares méthodes, nous pouvons citer l'expression émotionnelle écrite, définie par Pennebaker (2004 ; cité par Vilette & Docus, 2019). Il s'agit d'une méthode individuelle brève utilisant l'écriture pour exprimer toutes les pensées et sentiments relatifs à une situation émotionnelle forte. Ramirez et Beilock (2011) ont montré à travers une étude que l'utilisation de l'expression émotionnelle écrite a permis d'améliorer les performances mathématiques lors d'une situation d'évaluation anxiogène chez des étudiants.

2. La cohérence cardiaque et le biofeedback

Après avoir défini la cohérence cardiaque et le biofeedback, nous tenterons de mettre en évidence, dans notre étude, leur utilisation comme un moyen envisageable pour traiter l'anxiété trait et l'anxiété mathématique chez les enfants.

2.1. Définitions

Avant de définir la cohérence cardiaque, il convient de définir la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) également appelée variabilité cardiaque. La VFC correspond à la variation de temps entre deux battements de cœur sur un intervalle de temps donné (Dolfus, 2013). Elle est mesurée de façon non invasive grâce à un électrocardiogramme qui permet une analyse temporelle (fluctuations entre deux battements) et fréquentielle (analyse spectrale) (Servant et al., 2009). Plus la VFC est élevée, plus le cœur a une bonne capacité à moduler son rythme en fonction des stimulations environnementales reçues ou propres au corps (Servant et al., 2009). Des études sur la VFC ont montré que les individus anxieux ont un niveau de VFC plus faible que les individus qui ne sont pas anxieux (Pop-Jordanova, 2009). Par ailleurs, les mesures de la VFC mettent en évidence les émotions négatives (stress ou anxiété) qui entraînent

un rythme cardiaque plus irrégulier. Les mesures de la VFC permettent également d'identifier les émotions positives qui entraînent un rythme cardiaque régulier (Kienen, 2015). D'autres facteurs comme l'âge, le sexe, l'activité physique ou le stress influencent la VFC. En outre, la VFC peut être modulée par la respiration : c'est ce que l'on appelle la cohérence cardiaque.

La cohérence cardiaque est une méthode qui consiste à ralentir les rythmes respiratoire et cardiaque et à les synchroniser (Loiseleur, 2016). Elle permet une gestion du stress et des émotions.

Enfin, le biofeedback est une approche non invasive qui permet de visualiser et suivre en temps réel l'évolution de paramètres physiologiques tels que la VFC (Servant, 2015). Elle est mesurée grâce à un capteur externe et permet de conscientiser le rythme cardiaque tout en diminuant la FC.

2.2. Application de la cohérence cardiaque et résultats

De nombreuses études suggèrent l'efficacité de la cohérence cardiaque. D'après l'étude de Servant et al. (2008), la cohérence cardiaque et le biofeedback auraient leur importance dans le traitement des troubles anxieux, troubles dépressifs et autres troubles comportementaux. En effet des techniques de relaxation et de méditation plus globales ont également montré leur efficacité, mais les plus efficaces restent celles mêlant contrôle respiratoire, relaxation, méditation, cohérence cardiaque et biofeedback. Elles permettent une meilleure gestion émotionnelle chez les personnes anxieuses et pourraient de ce fait être applicables dans le cadre de l'anxiété mathématique.

La méta-analyse de Dormal et al. (2020) a mis en évidence que la VFC est un indicateur de bonne santé physique et psychique et n'est pas applicable uniquement aux adultes. En effet, le biofeedback peut être appliqué seul ou en addition à d'autres traitements (ex., thérapies cognitives et comportementales) chez les enfants et les adolescents. Il permet de gérer le stress et/ou la douleur.

3. Buts et hypothèses

Dans la littérature, nous retrouvons de nombreuses données sur l'anxiété en général et sur l'efficacité de la cohérence cardiaque et du biofeedback sur les troubles anxieux, phobiques et comportementaux. Nous retrouvons la méta-analyse de Dormal et al. (2020) qui évoque que la cohérence cardiaque et le biofeedback sont efficaces même chez les jeunes enfants et les adolescents. Ou bien encore, l'étude de Amon et Campbell (2008) démontre aussi une efficacité de la cohérence cardiaque sur les troubles déficitaires de l'attention chez les enfants. Cependant, ces études ne sont pas spécifiques à l'anxiété mathématique.

Nous avons précédemment évoqué qu'une FC élevée est un indice physiologique d'anxiété. Notre étude vise alors à rechercher une diminution de la FC chez des enfants présentant une anxiété mathématique afin d'objectiver l'efficacité d'une intervention basée sur la cohérence cardiaque et le biofeedback. Autour de cette problématique globale, nous nous sommes également intéressés au lien entre anxiété mathématique et genre. Il est affirmé dans la littérature que l'anxiété mathématique touche davantage les femmes que les hommes. Par conséquent, nous nous attendions à observer chez les participants, une anxiété mathématique

plus élevée chez les filles que chez les garçons. Nous avons également cherché à vérifier l'existence d'une corrélation entre anxiété mathématique et performances mathématiques, car il est affirmé dans la littérature que plus les enfants sont anxieux, moins leurs performances mathématiques sont élevées. Enfin, nous avons comparé les performances mathématiques entre les garçons et les filles. Nous nous attendions à ce que les garçons obtiennent de meilleurs résultats en mathématiques que les filles, illustrant alors le stéréotype de genre affirmant que les femmes seraient moins performantes en mathématiques que les hommes (Maloney et al., 2012).

Méthode

Nous présentons ici les sujets de notre étude transversale, le matériel nécessaire à nos passations et la procédure respectée. Nous détaillons également les ajustements réalisés pour le recueil des données compte tenu des circonstances exceptionnelles de la COVID-19 et des difficultés rencontrées suite aux protocoles sanitaires mis en place dans les écoles.

1. Population

1.1. Présentation de l'échantillon

Dans le cadre de ce mémoire, dix enfants scolarisés en classe de CE2 en école élémentaire privée ont été recrutés dans la région française Provence-Alpes-Côte d'Azur (cf. Tableau 3, « Sous-échantillon 1 »). Ce sous-échantillon recueilli en novembre 2021 a été mélangé à d'autres sous-échantillons afin d'obtenir un échantillon final plus conséquent compte tenu des circonstances exceptionnelles de la COVID-19, des difficultés rencontrées suite aux protocoles sanitaires mis en place dans les écoles et autres facteurs internes.

Le sous-échantillon 2 a également été recueilli dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, en école élémentaire publique. Le sous-échantillon 3 a été recueilli dans la région Hauts-de-France en école élémentaire publique, en zone REP +. Le sous-échantillon 4 a été recueilli à Poitiers en école élémentaire publique. L'échantillon final est composé de 32 enfants scolarisés en classe de CE2.

La répartition des groupes est présentée dans le tableau 3 ci-dessous. Deux groupes d'enfants ont été constitués (c.-à-d., Focus et Mandala) afin de comparer leurs performances. Les participants ont été aléatoirement affectés soit à la condition contrôle (c.-à-d., coloriage de mandalas) soit à la condition expérimentale (c.-à-d., Focus). Le premier enfant a été affecté à la condition expérimentale, le second à la condition contrôle, etc. Cette répartition aléatoire a permis de vérifier que les effets observés (c.-à-d., réduction de l'anxiété mathématique) sont bien spécifiques à notre intervention.

Tableau 3. Répartition des effectifs selon l'échantillon, la condition expérimentale (Focus ou Mandala) et le sexe.

Groupe	Sous-échantillon 1		Sous-échantillon 2		Sous-échantillon 3		Sous-échantillon 4		Total
	F	M	F	M	F	M	F	M	
Age moyen (ET)	97.8 (3.830)	101.1 (3.109)	100.5 (2.416)	102 (2.872)	100.3 (8.502)	107.5 (8.961)	-	98 (-)	
Filles	1	3	4	3	2	2	-	-	15
Garçons	5	1	4	1	3	2	-	1	17
Total	6	4	8	4	5	4		1	32

Note : Focus (F) ou Mandala (M)

1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion

Les participants devaient être scolarisés au sein d'une école élémentaire en classe de CE2. Cette étude étant à ses prémices, aucun critère d'exclusion n'a été retenu pour le moment.

1.3. Procédure de recrutement

L'accord des inspecteurs de l'éducation nationale (IEN) a été sollicité pour pouvoir recruter les élèves dans les écoles élémentaires publiques des sous-échantillons 2, 3 et 4. Une fois l'accord des IEN obtenu, l'accord des directeurs d'écoles a été sollicité. Pour le sous-échantillon 1, seul l'accord du directeur de l'école a été sollicité puisqu'il s'agit d'une école privée. Ensuite, le consentement des parents puis des enfants a été demandé. Des lettres d'information adressées aux parents et des formulaires de consentement ont été distribués dans les différentes classes.

2. Matériel

2.1. Questionnaire SNAP-IV 26 items (cf. Annexe A4)

Le Swanson, Nolan and Pelham Teacher and Parent Rating Scale - 26 items (Swanson, 2013) est une version modifiée du questionnaire SNAP (Swanson et al., 1983). Le SNAP-IV est un outil de repérage du Trouble déficitaire de l'attention avec/sans hyperactivité-impulsivité (TDAH-H), reprenant les critères du DSM-IV. Les items un à neuf repèrent l'inattention et les items onze à dix-neuf repèrent l'hyperactivité-impulsivité. Le Trouble oppositionnel avec provocation est également repéré à travers les items vingt-un à vingt-huit. Les scores sont cotés de zéro à trois (0 : pas du tout, 1 : juste un peu, 2 : nettement, 3 : énormément). La version SNAP-IV 26 items a été retenue pour cette étude et devait être remplie par les parents en même temps que le formulaire de consentement, avant de démarrer l'étude.

2.2. Questionnaire parental

Un questionnaire a été proposé aux parents avant le début de l'étude afin de recueillir des informations sur leur enfant concernant : une éventuelle médication de l'enfant, l'existence d'un suivi médical ou paramédical (ex., orthophonique, psychologique), et la présence ou non de troubles psychologiques et/ou psychiatriques. Ces critères ont été relevés en tant qu'observations qualitatives, mais ne constituent pas des critères d'exclusion. Ces données pourront néanmoins être utilisées dans la poursuite de l'étude.

2.3. Tests évaluant les capacités mathématiques

2.3.1. TRDM-3

Le Test de Repérage des Difficultés Mathématiques-3 (ou le Mathematical School Readiness - MSR) est le Test de repérage de difficultés en mathématiques, créé au sein du laboratoire SCALab de l'Université de Lille (Mejias et al., 2019). Il s'agit d'un test collectif évaluant les capacités mathématiques précoces. Il existe une version par niveau scolaire. Les différentes versions (TRDM-1 à 5) sont destinées aux élèves, respectivement du CP au CM2. Pour le niveau CE2 (correspondant également à la « troisième année du primaire »), le test est composé de quatre épreuves et dure approximativement vingt minutes :

- La première épreuve consiste en l'écriture de nombres arabes sous dictée. Les enfants doivent écrire le nombre énoncé dans la case correspondante (ex., « Maintenant, dans la case bleue, écrivez « 16 » »). Les cases sont de couleurs différentes afin que l'enfant ne se trompe pas. Les nombres dictés vont des dizaines aux milliers. Cette épreuve n'est pas chronométrée.
- La seconde épreuve consiste à comparer des nombres arabes. Les enfants doivent entourer le plus grand nombre parmi deux nombres présentés. Douze paires sont présentées. Une démonstration est réalisée au tableau. Les nombres présentés vont des unités aux milliers. Cette épreuve n'est pas chronométrée.
- La troisième épreuve évalue les capacités à réaliser des additions. Elle est présentée sous la forme de trois tableaux de couleurs différentes : vert, rose et bleu. Le tableau vert, intitulé "La maison de 100" contient des additions allant jusqu'à cent. Les maisons rose et bleu intitulées "La maison de 1000" contiennent des additions allant jusqu'à mille. Les enfants réalisent les trois maisons à leur rythme et peuvent tourner la page indépendamment du rythme de la classe. Cette épreuve n'est donc pas chronométrée. Les enfants ayant terminé l'épreuve assez rapidement peuvent dessiner sur une page prévue à cet effet.
- La quatrième et dernière épreuve est chronométrée. Elle consiste en des calculs rapides mêlant les quatre types d'opérations. Cependant, pour le niveau CE2, les divisions n'ont pas été proposées. Une page est destinée à chaque type d'opération. La consigne est la suivante : « On va faire une course de calculs! Essayez de faire le plus de calculs en une minute. Vous commencez quand je vous dis « partez » et vous déposez votre crayon ou votre stylo quand je vous dis « stop ». On va faire la course trois fois : une fois avec des additions, une fois avec des soustractions, une fois avec les multiplications ».

2.3.2. TTR

Le Tempo Test Rekenen (TTR) (De Vos, 1992) est un test flamand permettant d'évaluer les compétences mathématiques des enfants. Il permet de tester les compétences des enfants en fluences arithmétiques en évaluant les compétences dans les quatre types d'opérations (c-à-d., addition, soustraction, multiplication, division). Les opérations sont présentées sur une feuille en cinq colonnes comportant chacune quarante calculs, par ordre croissant de complexité. La première colonne contient les quatre opérations avec un seul chiffre telles que « $2 + 1 =$, $2 \times 5 =$ » tandis que la dernière colonne contient les quatre opérations avec deux chiffres telles que « $36 : 3 =$, $4 \times 16 =$ ». D'après l'ordre croissant de complexité, nous supposons que les premiers calculs font appel uniquement à une récupération immédiate en mémoire à long terme des faits arithmétiques. Les derniers calculs, plus complexes, ne peuvent être récupérés immédiatement en mémoire à long terme grâce aux faits arithmétiques, mais nécessitent la mise en place de procédures de calcul précises. Toutes les opérations doivent être réalisées mentalement, les enfants ne sont pas autorisés à poser les calculs. Les enfants disposent d'une minute pour réaliser le plus d'opérations possible.

2.4. Questionnaires d'anxiété trait

Les questionnaires d'anxiété trait utilisés pour notre étude sont ceux évoqués précédemment et rappelés dans le tableau 4.

Tableau 4. Questionnaires d'anxiété trait retenus pour l'étude.

	STAI-C	PANAS-SF	SAM
Auteur	Spielberger et al.	Watson et al.	Bradley, Lang
Année de parution	1973	1988	1994
Cible	9 à 12 ans.	Enfants d'âge scolaire.	Enfants et adultes.
Type de questionnaire	Questionnaire verbal.	Questionnaire verbal	Questionnaire non-verbal
Caractéristiques	Echelle de Likert sur 4. 20 exemples de situations, indiquer à quelle fréquence elles s'appliquent à l'enfant.	Echelle de Likert sur 5. 2 échelles. 20 items. Adjectifs proposés, indiquer à quelle intensité ils décrivent le ressenti de l'enfant.	Echelle pictographique. 3 valeurs émotionnelles.

2.5. Questionnaires d'anxiété mathématique

Les questionnaires d'anxiété mathématique utilisés pour notre étude sont ceux évoqués précédemment et rappelés dans le tableau 5.

Tableau 5. Questionnaires d'anxiété mathématiques retenus pour l'étude.

Nom de l'échelle	Auteurs	Année de parution	Population	Caractéristiques
EES-AMAS (cf. Annexe A5)	Primi et al.	2020	6 à 7 ans	Version modifiée/abrégée de l'AMAS. 9 items. Echelle de Likert sur 5.
mAMAS (cf. Annexe A6)	Carey et al.	2017	8 à 13 ans	Version modifiée/abrégée de la AMAS. 9 items. Echelle de Likert sur 5.

2.6. Subtests cognitifs issus de la WISC-V (Weschler, 2014)

2.6.1. Mémoire à court terme

La mémoire à court terme est évaluée à travers une tâche de répétition de chiffres en ordre direct et en ordre inverse. Cette épreuve s'adresse aux niveaux scolaires allant du CE1 au CM1. Pour l'épreuve de mémoire des chiffres en ordre direct, la consigne est la suivante : « Je vais te dire quelques chiffres. Écoute bien attentivement, je ne peux les dire qu'une seule fois. Quand j'aurai terminé, tu les répèteras exactement comme moi ». L'épreuve en ordre direct est composée de neuf items avec respectivement deux essais pour chaque item. L'examineur doit arrêter l'épreuve dès lors que l'enfant obtient zéro aux deux essais d'un même item. L'épreuve en ordre direct fait appel à la mémoire immédiate, à l'attention, au traitement auditif et à l'encodage. Pour l'épreuve de mémoire des chiffres en ordre inverse, la consigne est la suivante : « Maintenant, je vais encore te dire des chiffres, mais cette fois, quand j'aurai fini, tu les répèteras à l'envers. Par exemple, si je te dis 9 - 4, que dois-tu répéter ? ». Cette épreuve est également constituée de neuf items avec respectivement deux essais pour chaque item. L'épreuve en ordre indirect fait appel à la mémoire de travail, c'est-à-dire à la manipulation et transformation de l'information auditive. Le critère d'arrêt de l'épreuve est le même que celui de l'épreuve en ordre direct. Ce subtest n'est pas chronométré.

2.6.2. Barrage

Ce subtest évalue la capacité à repérer des images cibles et évalue le balayage du regard. Il s'agit de barrer le plus rapidement possible le plus d'animaux présentés sur une planche, en 45 secondes. L'enfant doit inhiber toutes les autres images ne représentant pas des animaux. L'enfant peut barrer les animaux en ordre aléatoire. L'examineur réalise un item de démonstration et l'enfant dispose d'un item d'exemple avant de démarrer l'épreuve. La consigne est la suivante : « Regarde cette rangée, ce sont tous des animaux. Maintenant, regarde cette rangée. Il y a des animaux et d'autres objets. Je vais tracer un trait sur chaque animal et pas de trait sur les autres choses ». L'examineur présente ensuite la planche entière en format A3 destinée à l'épreuve. Si l'enfant demande des explications supplémentaires, il est impératif de les lui fournir. Une fois que l'enfant est prêt, le chronomètre doit être enclenché pour une durée de 45 secondes. Si l'enfant fait une marque autre qu'un simple trait, il est important que l'examineur le lui fasse remarquer et corriger. Lorsqu'une précision est donnée alors que

l'épreuve est déjà démarrée, le chronomètre ne doit pas être arrêté. Si l'enfant commet une erreur, l'examineur ne doit pas lui fournir une gomme. Si l'enfant termine avant la fin du temps imparti, l'examineur arrête le chronomètre et note le temps mis.

2.6.3. Code

Cette épreuve permet de tester l'apprentissage et la compréhension d'un code, la rapidité et la précision dans l'association de symboles avec symboles, ou chiffres avec symboles. Il existe deux formes de cette épreuve : la forme A est adressée aux enfants âgés de six à sept ans et ne contient que des symboles. La forme B est adressée aux enfants âgés de huit à seize ans et contient des associations entre chiffres et symboles. Cette épreuve sous-tend également une importante capacité d'attention. Pour la forme A, la consigne est la suivante : « Voici des formes avec des signes à l'intérieur. Chaque forme a son propre signe. En dessous, il y a des formes vides, je vais te montrer comment dessiner le bon signe dans chaque forme. Ici, c'est un cercle. Ce cercle a ce signe. Donc je le dessine comme ceci. ». L'examineur réalise l'item de démonstration et ensuite l'enfant dispose d'un item d'exemple. L'enfant dispose de deux minutes chronométrées pour réaliser l'épreuve.

Pour la forme B, la consigne est la suivante : « Regarde ces cases. Chacune d'elle a un chiffre dans la partie du haut et un signe spécial dans la partie du bas. A chaque chiffre correspond un signe différent. En dessous, il y a des cases vides. Je vais te montrer comment dessiner le bon signe dans chaque case. ». L'examineur dispose d'un item de démonstration et l'enfant dispose d'un item d'exemple pour s'entraîner. L'enfant dispose également de deux minutes chronométrées.

2.7. Outil Focus, oxymètre et autre matériel (cf. Annexe A7)

L'outil Focus est l'outil qui nous a permis de réaliser l'exercice de respiration en couplant cohérence cardiaque et biofeedback. Il est applicable à l'anxiété mathématique, car il permet à l'enfant de diminuer son niveau de stress, d'augmenter ses capacités de concentration et de comprendre son fonctionnement corporel et émotionnel. Focus est un dispositif portable qui permet aux enfants de l'emporter partout pour réaliser des exercices de respiration dès que besoin (www.focus-kids.app). C'est un petit boîtier que les enfants peuvent tenir en main, muni d'un capteur de FC central et combinant un biofeedback interactif. Le biofeedback s'illustre par une jauge centrale verte évoluant tout au long de l'exercice et indiquant le niveau de bien-être de l'enfant. Cette jauge centrale de bien-être augmente tout au long de l'exercice et témoigne de la VFC. Elle permet donc à l'enfant d'obtenir un retour visuel sur son évolution. Sur les contours du boîtier se diffuse une lumière changeant d'intensité et de couleur selon le moment de l'expiration ou de l'inspiration. Le boîtier vibre également pour ajouter une sensation kinesthésique. L'enfant tient en main l'outil et respire à son rythme pendant cinq minutes.

L'oxymètre a été utilisé pour réaliser les mesures physiologiques prétest et post-test. Il a permis de mesurer la FC et la saturation en oxygène dans l'objectif d'observer une diminution de la FC qui suggérerait alors une réduction de l'anxiété.

La tablette a permis les passations des différents questionnaires d'anxiété, mais il était également possible de proposer l'intégralité des questionnaires en version papier.

Des crayons de couleur, un chronomètre et des coloriages de Mandalas ont également été mis à disposition.

3. Modalités de passation

3.1. Recueil des autorisations parentales

Avant l'étude, les parents ont complété un formulaire de consentement et le SNAP-IV 26 items. Les documents à destination des parents ont été fournis en version papier à l'instituteur qui les a transmis aux parents via le carnet de liaison de l'enfant. Un retour signé et complété de ces documents était attendu et devait être remis à l'instituteur qui les transmettrait à l'expérimentateur le jour de l'expérience.

3.2. Protection des données

Le protocole a été approuvé par un comité d'éthique d'établissement (projet « FOCUS » : protocole comité d'éthique n° 2019-45) et a fait l'objet d'une déclaration à la CNIL (Délibération de la CNIL n°2018-154).

Afin d'anonymiser les données, un code d'anonymisation a été attribué à chaque participant. Ces derniers sont listés dans une liste de déchiffrage qui est stockée dans un fichier verrouillé. L'ensemble des données informatisées est conservé sur un disque dur externe, dans un espace crypté.

Les données dactylographiées (c.-à-d., consentements, questionnaires, dossiers expérimentaux) seront archivées.

3.3. Passations

Les passations de tests ont eu lieu au sein des établissements scolaires, situés dans les quatre régions françaises choisies pour l'étude. Les expérimentations au sein des écoles ont permis d'offrir un cadre connu et plus rassurant pour les enfants. Une fois le formulaire de consentement et le questionnaire SNAP-IV 26 items récupérés, les passations ont débuté.

L'étude s'est déroulée en deux parties : la première partie était une séance collective et la seconde partie était une séance individuelle. La séance collective a débuté avec le TRDM-3 qui a duré approximativement trente à quarante minutes. Les enfants ayant obtenu l'autorisation ont été regroupés par petits groupes pour la séance collective. Un livret du TRDM-3 a été distribué à chaque enfant.

La séance individuelle prétest a débuté par un relevé des mesures physiologiques (FC et saturation en oxygène), suivi des questionnaires d'anxiété mathématique et des tests cognitifs. Elle a duré approximativement dix à quinze minutes. Pour les questionnaires prétest d'anxiété trait, tous les enfants ont répondu au SAM, au STAI-C et au PANAS-SF. Ils ont été administrés sur la tablette à l'aide d'un lien informatique permettant leur accès ou en version papier. En plus des trois questionnaires précédents, si les enfants étaient âgés de six à sept ans, ils ont répondu au EES-AMAS et s'ils étaient âgés de huit à treize ans ou plus ils ont répondu au mAMAS. Les questionnaires devaient être administrés en alternant avec les tests cognitifs de la WISC-V. Les questionnaires d'anxiété mathématique et les tests cognitifs ont été administrés en version papier.

La séance individuelle de test a duré approximativement cinq minutes. Pour le groupe Focus, elle a débuté par des explications concernant l’outil puis par la réalisation de l’exercice de respiration. Pour le groupe Mandala, les enfants disposaient de coloriages.

La séance individuelle post-test a duré approximativement dix à quinze minutes. Elle a débuté par de nouvelles mesures physiologiques afin d’observer un effet de l’intervention. Puis les questionnaires d’anxiété ont à nouveau été administrés en post-test excepté le STAI-C, l’EES-AMAS et le mAMAS qui devaient être administrés uniquement en prétest. De même, les tests cognitifs ont à nouveau été administrés, excepté le test de la mémoire à court terme qui devait être administré uniquement en prétest. La passation s’est achevée par un dernier relevé des mesures physiologiques et par l’administration du TTR en une minute.

Voici un tableau résumant les différentes étapes de notre étude (cf. Tableau 6).

Tableau 6. Synthèse des différentes étapes de l’étude.

	PRETEST	TEST	POST-TEST
Phase collective	30 à 40 minutes : TRDM	—	—
Phase individuelle	10 à 15 min : 1. Mesures physiologiques 2. Questionnaires d’anxiété (trait et mathématique) 3. Tests cognitifs WISC-V	5 min : 1. Outil Focus (groupe expérimental) ou coloriage (groupe contrôle).	10 à 15 min : 1. Mesures physiologiques 2. Questionnaires d’anxiété (trait et mathématique) 3. Tests cognitifs WISC-V 4. Mesures physiologiques 5. TTR mélangé en 1 minute.

3.4. Encodage des résultats

Les résultats aux questionnaires d’anxiété trait ont été encodés sur tablette et reportés dans un fichier Excel anonymisé. Les questionnaires d’anxiété mathématique ainsi que les épreuves cognitives issues de la WISC-V ont été corrigés à la main (version papier) et également encodés dans le fichier Excel anonymisé. Ces résultats ont ensuite permis une analyse statistique à l’aide d’un test *t* de Student et des corrélations de Pearson (*r*) grâce au logiciel SPSS (IBM, 2020).

Résultats

Le traitement statistique des données a été réalisé par le biais du logiciel SPSS (IBM, 2020), au moyen d'un test *t* de Student et des corrélations de Pearson (*r*). Le test *t* de Student a permis de mettre en évidence des effets significatifs entre nos différentes variables. Pour cela, la valeur *p* est utilisée pour quantifier la significativité statistique des résultats :

- si $p \leq 0.05$: la corrélation entre deux valeurs est significative. Les deux mesures ne sont pas indépendantes.
- si $p > 0.05$: la corrélation entre deux mesures n'est pas significative. Les deux valeurs sont indépendantes.

Les statistiques descriptives sont présentées dans le tableau 7. Pour analyser l'anxiété trait et l'anxiété mathématique, nous avons porté notre attention sur les variables suivantes : la FC, les questionnaires STAI-C, SAM (stress) et PANAS-SF -. Pour analyser les performances mathématiques, nous nous sommes intéressés à des variables telles que le TRDM-3 et le TTR. De nombreuses autres données ont été collectées toutefois, nous nous sommes uniquement concentrés sur les variables suivantes et nous les avons analysées pour répondre à nos problématiques.

Tableau 7. Comparatif des données collectées en situation de prétest et post-test (enfants du groupe Focus vs groupe Mandala).

Variables descriptives	Groupe Focus				Groupe Mandala			
	N	Moyenne (ET)	Min	Max	N	Moyenne (ET)	Min	Max
Âge	19	98.63 (3.337)	92	103	13	101.92 (3.915)	95	109
mAMAS	19	19.50 (6.346)	9	28	13	19.35 (8.851)	9	45
STAI-C prétest	19	34.67 (5.774)	25	43	13	34.15 (7.278)	21	48
PANAS-SF - prétest	19	8.16 (3.387)	5	15	13	7.31 (4.049)	5	17
PANAS-SF - post-test	19	7.21 (3.537)	5	16	13	5.77 (2.204)	5	13
SAM stress prétest	19	20.89 (27.447)	0	80	13	23.85 (37.758)	0	100
SAM stress post-test	19	21.21 (26.737)	0	79	13	10.23 (15.123)	0	41
TRDM	19	69.47 (19.594)	39	105	13	65.38 (16.230)	39	94
TTR post-test	19	10.53 (5.048)	5	25	13	9.15 (2.940)	5	15
FC prétest	19	85.11 (13.536)	65	120	13	81.08 (10.234)	60	99
FC post-test	19	82.50 (11.951)	65	103	13	82.70 (10.027)	67	105

1. Efficacité de l'intervention Focus et diminution de l'anxiété

Les variables retenues qui permettent d'évaluer l'effet de l'intervention sur l'anxiété sont : la FC, les questionnaires SAM (stress) et PANAS-SF -. Nous cherchons à montrer la diminution de l'anxiété en analysant l'importance du « gain » (différence entre prétest et post-test) de ces différentes variables.

Nous nous intéressons tout d'abord à l'importance de la diminution de la FC entre le groupe Focus et le groupe Mandala (cf. Tableau 8). Les analyses montrent que le gain obtenu pour la variable « FC » (différence de FC entre prétest et post-test) est plus important pour le groupe Focus par rapport au groupe Mandala. Ce résultat n'est toutefois pas significatif. L'activité de respiration n'a pas permis de diminuer la FC de manière plus importante que l'activité de coloriage.

Tableau 8. Comparaison de l'importance du gain de la FC entre le groupe Focus et le groupe Mandala.

Groupe Focus			Groupe Mandala			Analyse statistique		
N	Moyenne	E.T	N	Moyenne	E.T	<i>t</i>	ddl	<i>p</i>
19	- 2.05	12.62	13	.92	8.99	- .73	30	.47

Nous nous intéressons ensuite à l'importance du « gain » obtenu au questionnaire PANAS-SF - entre le groupe Focus et le groupe Mandala (cf. Tableau 9). Nous recherchons une diminution des émotions négatives dans les deux groupes. Les analyses montrent, à travers la variable « PANAS-SF - », que la diminution des émotions négatives est plus importante chez le groupe Mandala par rapport au groupe Focus. Cette différence n'est pas significative. Le questionnaire PANAS-SF ne permet pas de mettre en évidence une diminution des émotions négatives après l'exercice de respiration.

Tableau 9. Comparaison de l'importance du gain du PANAS-SF entre le groupe Focus et le groupe Mandala.

	Groupe Focus			Groupe Mandala			Analyse statistique		
	N	Moyenne	E.T	N	Moyenne	E.T	<i>t</i>	ddl	<i>p</i>
Gain PANAS-SF -	19	- 7.63	5.07	13	- 9.07	4.78	.80	30	.42

Nous nous intéressons maintenant à l'importance du « gain » obtenu au questionnaire SAM (stress) entre le groupe Focus et le groupe Mandala (cf. Tableau 10). Nous recherchons une diminution de la variable « stress » dans les deux groupes. Les analyses montrent, à travers la variable « SAM », que la diminution du stress est plus importante chez le groupe Mandala par rapport au groupe Focus. Cette différence n'est pas significative. Le questionnaire SAM ne permet pas de mettre en évidence une diminution du stress après l'exercice de respiration.

Tableau 10. Comparaison de l'importance du gain du SAM entre le groupe FOCUS et le groupe Mandala.

	Groupe Focus			Groupe Mandala			Analyse statistique		
	N	Moyenne	E.T	N	Moyenne	E.T	<i>t</i>	ddl	<i>p</i>
Gain SAM (stress)	19	.31	19.74	13	- 13.61	31.29	1.54	30	.13

Pour conclure, nous n'observons pas d'effet significatif de l'activité de respiration sur la FC, les émotions négatives et le stress chez le groupe Focus. Nous ne pouvons conclure à une diminution de l'anxiété trait chez le groupe Focus par rapport au groupe Mandala.

2. Anxiété mathématique et genre

Nous nous intéressons ici à la différence d'anxiété mathématique chez les garçons et les filles, chez le groupe Focus et le groupe Mandala.

Tout d'abord, nous avons observé un lien entre l'anxiété mathématique et l'anxiété état : les enfants présentant une anxiété mathématique élevée sont également ceux qui présentent une anxiété trait élevée. En effet, nous observons une corrélation forte (cf. Figure 1) entre le questionnaire d'anxiété état STAI-C et le questionnaire d'anxiété mathématique mAMAS ($r = .61, p < .01$).

Les résultats présentés dans le tableau 11, ne révèlent aucune différence significative d'anxiété mathématique selon le genre de l'enfant. Les garçons ne sont donc pas plus anxieux que les filles ou inversement.

Tableau 11. Comparaison des résultats entre les garçons et les filles sur les questionnaires d'anxiété mAMAS et STAI-C, en prétest

	Garçons (N = 16)	Filles (N = 16)	Analyse descriptive		
	Moyenne (ET)	Moyenne (ET)	<i>t</i>	ddl	<i>p</i>
mAMAS	19.25 (9.01)	19.56 (6.88)	-.11	30	.91
STAI-C	34.56 (7.91)	34.13 (5.37)	.18	30	.85

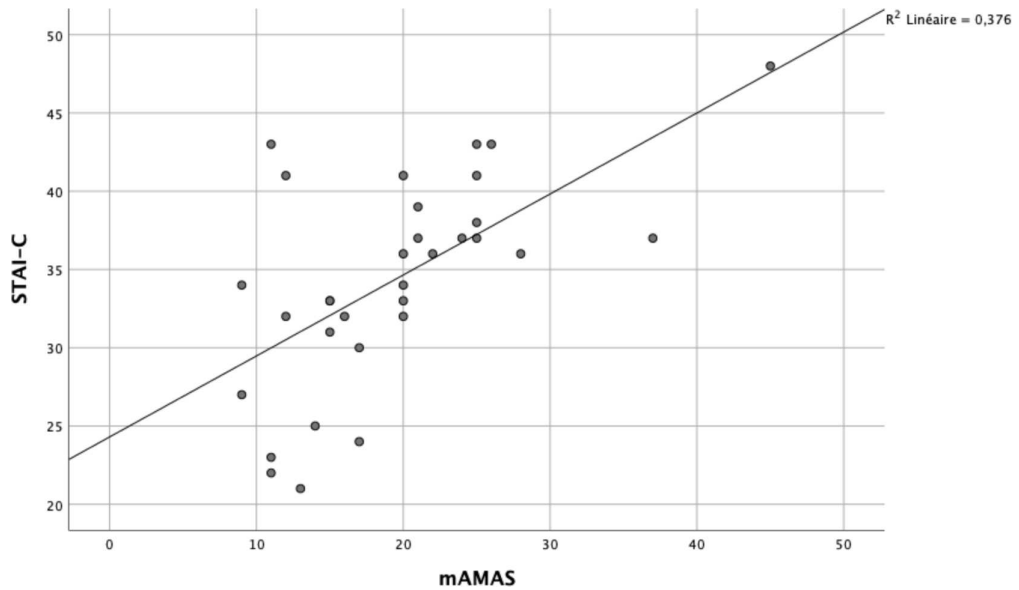


Figure 1. Corrélation entre le questionnaire d'anxiété état STAI-C et le questionnaire d'anxiété mathématique mAMAS.

3. Anxiété mathématique et performances mathématiques

Nous nous intéressons maintenant à l'influence de l'anxiété mathématique sur les performances mathématiques.

Comme évoqué précédemment, nous avons observé un lien entre l'anxiété mathématique et l'anxiété état (cf. Figure 1).

Nous observons une corrélation moyenne (cf. Figure 2) entre le questionnaire d'anxiété trait STAI-C et le SAM (stress) ($r = .36, p < .01$). Les enfants présentant une anxiété trait sont également ceux qui sont stressés au moment précis de la passation.

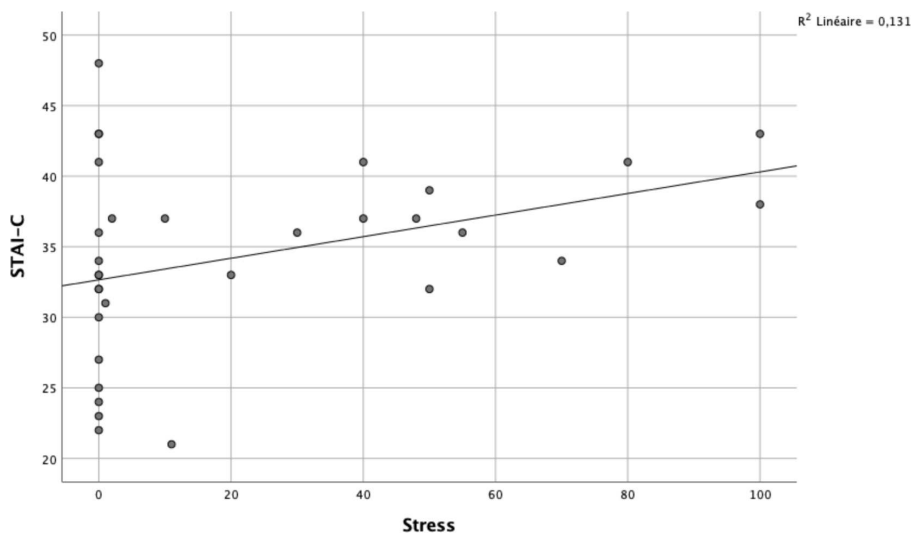


Figure 2. Corrélation entre le questionnaire d'anxiété trait STAI-C et le questionnaire d'anxiété état SAM.

Notons aussi que les enfants qui présentent plus d'anxiété trait, sont également ceux qui présentent les moins bonnes performances en mathématiques. La corrélation négative moyenne entre le TRDM-3 et le STAI-C ($r = -.365$; $p = .04$) montre que plus les enfants présentent de l'anxiété moins bonnes sont leurs performances en mathématiques.

Nous observons une corrélation négative moyenne entre les performances mathématiques obtenues au TRDM-3 et le SAM (stress) ($r = -.217$; $p = .232$). Cette corrélation, non significative, ne permet pas de montrer que plus les enfants se sentent stressés, moins bonnes sont leurs performances en mathématiques.

Parallèlement, nous observons une corrélation négative faible entre les performances mathématiques obtenues au TRDM-3 et la FC ($r = -.121$; $p = .508$). Cette corrélation, non significative, ne permet pas de montrer que plus la FC est élevée moins bonnes sont les performances mathématiques.

De plus, nous observons une corrélation négative forte entre les performances mathématiques obtenues au TTR et le STAI-C ($r = -.501$; $p = .003$). Cette corrélation significative, montre que plus les enfants présentent une anxiété trait moins bonnes sont leurs performances en mathématiques (cf. Figure 3).

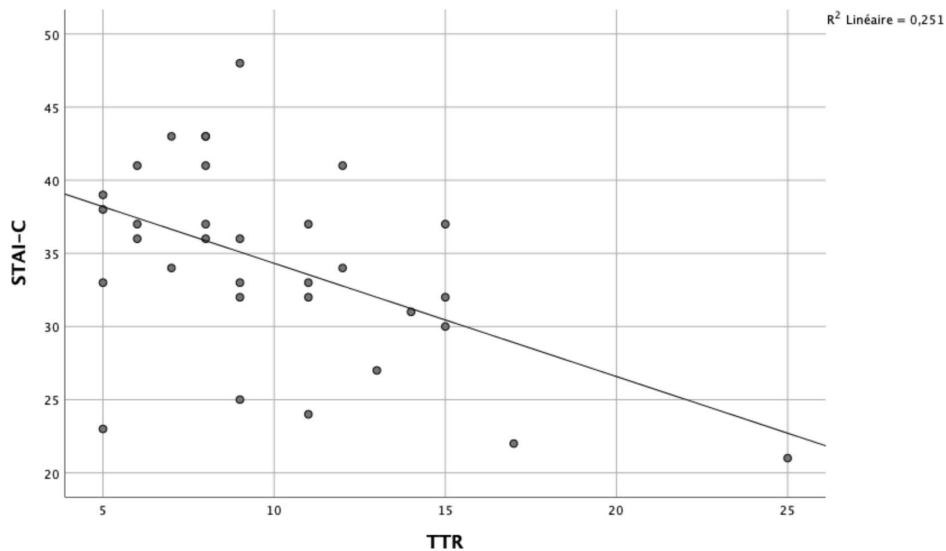


Figure 3. Corrélation entre les performances mathématiques obtenues au TTR et le STAI-C.

Enfin, nous relevons une corrélation négative forte entre les performances mathématiques obtenues au TTR et la FC ($r = -.407$; $p = .021$). Cette corrélation, significative, montre que plus la FC est élevée moins les enfants réussissent au TTR.

Pour conclure, nous observons une influence de l'anxiété trait et de l'anxiété mathématique sur les performances mathématiques. Autrement dit, plus les enfants présentent une anxiété trait et une anxiété mathématique moins ils réussissent en mathématiques.

4. Performances mathématiques et genre

Nous nous intéressons maintenant à l'impact du genre sur les performances mathématiques mesurées par le biais du TRDM-3. Les garçons obtiennent des scores au TRDM-3 ($M = 74.50$; $ET = 17.18$) qui sont supérieurs aux performances des filles ($M = 61.13$; $ET = 17.01$) et ce, de manière significative ($t(30) = 2.21$; $p = .035$). Ces résultats révèlent donc un effet significatif permettant d'affirmer que les garçons de notre échantillon ont de meilleures performances mathématiques que les filles au TRDM-3.

Nous n'observons pas cette différence de performances au TTR entre garçons ($M = 11.13$; $ET = 4.82$) et filles ($M = 8.81$; $ET = 3.50$) et ce, de manière non significative ($t(30) = 1.55$; $p = .013$).

Discussion

Pour rappel, ce mémoire avait pour objectif premier d'évaluer l'efficacité de l'outil Focus sur la diminution de l'anxiété mathématique à travers la mesure de la FC, l'utilisation des questionnaires d'anxiété trait STAI-C, SAM (stress), PANAS-SF - et l'utilisation du questionnaire d'anxiété mathématique mAMAS. Nous avons pour objectifs secondaires de

nous intéresser également au lien entre anxiété mathématique et genre, anxiété mathématique et performances mathématiques ainsi que performances mathématiques et genre. Pour cela, deux groupes d'enfants ont été constitués (le groupe expérimental « Focus » et le groupe contrôle « Mandala ») afin d'établir une comparaison de leurs performances. Au total, notre échantillon était composé de 32 participants scolarisés en classe de CE2.

L'analyse des données collectées auprès de notre population de CE2 n'a pas permis de mettre en évidence une diminution plus importante de l'anxiété au sein du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle.

Les résultats suggèrent également qu'il n'y a pas de différence entre l'anxiété mathématique des garçons et des filles.

Enfin, les résultats laissent supposer que plus les enfants présentent de l'anxiété trait et de l'anxiété mathématique moins ils sont performants en mathématiques. Par ailleurs, les résultats ont montré que les garçons obtiennent de meilleurs résultats en mathématiques par rapport aux filles.

En premier lieu, nous allons confronter les résultats obtenus à nos hypothèses initiales puis nous les confronterons aux données issues de la littérature. Enfin, nous présenterons les limites méthodologiques de notre étude, l'apport en orthophonie et les pistes pour de futures recherches.

1. Efficacité de l'intervention Focus et diminution de l'anxiété

Nous n'observons pas de diminution de l'anxiété trait après l'intervention Focus, chez le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle. Nous attendions comme résultat une diminution de la FC chez le groupe Focus par rapport au groupe contrôle, grâce à l'utilisation du biofeedback couplé à la cohérence cardiaque. Nous attendions également d'observer chez le groupe Focus, une diminution de l'anxiété trait à travers les questionnaires d'anxiété trait STAI-C, SAM (stress) et PANAS-SF -.

Nous avons observé que l'anxiété trait et l'anxiété mathématique sont liées. De ce fait, puisque l'intervention Focus n'a pas permis de réduire l'anxiété trait chez le groupe Focus, nous pouvons supposer que l'anxiété mathématique n'a pas diminué chez le groupe Focus par rapport au groupe contrôle.

Comme évoqué précédemment, d'après l'étude de Servant et al. (2008), la cohérence cardiaque et le biofeedback auraient leur importance dans le traitement des troubles anxieux. Cela permettrait une meilleure gestion émotionnelle chez les personnes anxieuses et nous attendions de ce fait une efficacité de l'outil Focus sur l'anxiété trait et sur l'anxiété mathématique.

Ce résultat pourrait s'expliquer par la nécessité de réaliser une étude longitudinale sur le long terme et non transversale, car le seul exercice de respiration pendant quelques minutes ne peut suffire à faire disparaître la conception très ancrée de l'anxiété mathématique ou de l'anxiété trait. Par ailleurs, la difficulté à réaliser l'exercice de respiration et à conscientiser la respiration chez de jeunes enfants a pu biaiser ce résultat (cf. Limites méthodologiques).

Il convient de rappeler que ce mémoire se situe aux prémices d'une étude plus

conséquence. Des données complémentaires apportées par de futurs mémoires, et constituant des échantillons plus importants, permettront de vérifier ces résultats.

2. Anxiété mathématique et genre

Nous n'observons pas de différence entre l'anxiété mathématique des garçons et des filles. Les résultats attendus étaient une expression différente de l'anxiété mathématique selon si le participant était un garçon ou une fille. En effet, une étude de Maloney et ses collaborateurs (2012) a montré que l'anxiété mathématique touche davantage les femmes que les hommes. Parallèlement, Vilette (2017) a mis en évidence que l'anxiété mathématique peut apparaître au début du primaire, et cela dès le CE1 après une année de scolarisation en CP.

Ce résultat quelque peu étonnant pourrait s'expliquer par l'hypothèse selon laquelle la différence apparaît plus tardivement, après le niveau CE2. Nous pouvons supposer que cette apparition plus tardive est influencée par les constructions sociales, des injonctions genrées ou des fausses croyances.

Les résultats obtenus restent intéressants, car ils s'opposent à nos hypothèses de départ. Il serait intéressant de vérifier ces résultats sur un échantillon plus important.

3. Anxiété mathématique et performances mathématiques

Nos résultats suggèrent que plus les enfants présentent de l'anxiété trait moins ils sont performants en mathématiques. Nous avons observé une corrélation forte entre l'anxiété mathématique et l'anxiété état. D'après ces résultats nous pouvons alors supposer que les enfants présentant une anxiété trait sont également des enfants présentant une anxiété mathématique. De ce fait, nous pouvons évoquer l'influence de l'anxiété mathématique sur les performances mathématiques.

Nos résultats s'accordent avec ceux attendus et s'orientent vers les constats de la littérature qui laissent supposer que les personnes souffrant d'anxiété mathématique ont des performances faibles en arithmétique malgré des capacités de raisonnement efficaces (Maloney & Beilock, 2012). Pour rappel, les évaluations PISA montrent une relation négative entre anxiété et performances mathématiques, c'est-à-dire que ceux qui sont anxieux réussissent moins bien que les autres (Foley et al., 2017).

4. Performances mathématiques et genre

Nos résultats montrent que les performances mathématiques des garçons sont supérieures aux performances mathématiques des filles au TRDM-3. Nous n'observons pas cette différence entre les garçons et les filles au TTR. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'épreuve du TTR est beaucoup plus courte et rapide (une minute) que l'épreuve du TRDM-3 (trente à quarante minutes) ce qui ne permet pas d'observer des différences de performances. Les différences observées au TRDM-3 sont en accord avec notre hypothèse initiale et soutiennent la littérature. Rappelons que l'étude menée par Beilock et al. (2010) a montré que les filles qui confirmaient le stéréotype selon lequel les filles sont moins bonnes en mathématiques que les garçons, avaient des résultats en mathématiques nettement inférieurs à ceux des garçons et à ceux des filles qui ne le confirmaient pas. En raison de ce qui précède, il serait intéressant dans la

continuité de cette étude, de vérifier si ces résultats se confirment lorsque les garçons et les filles sont séparés lors du test mathématique TRDM-3 réalisé en phase collective.

5. Limites méthodologiques

5.1. Objectif du mémoire

L'objectif principal du mémoire était de vérifier l'efficacité d'une intervention basée sur le biofeedback et la cohérence cardiaque sur des enfants présentant une anxiété mathématique. Nous avons élargi l'efficacité de l'intervention à l'anxiété trait après le constat d'une corrélation forte entre anxiété mathématique et anxiété trait. Toutefois, les résultats de notre mémoire ne peuvent pas affirmer directement et explicitement une efficacité de l'intervention sur l'anxiété mathématique.

5.2. Biais de sélection des participants

Compte tenu des circonstances exceptionnelles de la COVID-19, des difficultés rencontrées suite aux protocoles sanitaires mis en place dans les écoles, et au temps de passation important, l'objectif initial pour le sous-échantillon 1 de ce mémoire (vingt contrôles et vingt expérimentaux) n'a pas pu être atteint. Nous attendions également un échantillon total plus conséquent.

Au final, les résultats de 32 participants ont été retenus. Ce nombre représente un bon échantillon pour une analyse statistique cependant il n'est pas suffisant pour assurer une puissance statistique élevée.

5.3. Pertinence des tests employés

En classe de CE2, certains enfants semblent être en difficulté pour avoir recours à la métacognition sur leur degré d'anxiété ou émotions. En effet, Tourrette (2010) indique que c'est à l'adolescence qu'apparaît la capacité à raisonner sur des propositions (phrases, idées, hypothèses) et la capacité à manier l'abstraction. Nous pouvons alors supposer que les enfants scolarisés en classe de CE2 sont encore trop jeunes pour accéder au niveau de métacognition nécessaire dans la réalisation des différents questionnaires d'anxiété (trait et mathématique). De plus, nous avons remarqué que les enfants avaient parfois des difficultés à comprendre la graduation des échelles de Likert, leurs nuances d'intensité parfois fines ainsi que le vocabulaire utilisé pour évoquer l'émotion évaluée. Nous avons également constaté que ceux qui ne comprenaient pas le vocabulaire utilisé répondaient au hasard malgré des explications ce qui a provoqué des biais non négligeables. Nous pouvons également nous interroger sur une part d'immaturation encore présente à cet âge-là.

5.4. Contraintes liées à la passation

Lors des passations, nous avons observé que certains enfants ont rencontré des difficultés à conscientiser leur respiration. Parfois les enfants semblaient confondre une respiration consciente, correcte et naturelle avec une respiration consciente mais forcée et crispée. Certains enfants paraissaient à bout de souffle, car ils ne parvenaient pas à suivre le rythme de respiration

imposé par l'outil Focus quand bien même il était précisé que l'enfant pouvait respirer à son propre rythme. Nous supposons que ces difficultés ont pu entraîner des effets sur la VFC et sur la diminution de la FC.

De plus, quelques dysfonctionnements ont été relevés sur l'outil Focus. La jauge indiquant le bien être de l'enfant et la VFC dysfonctionnait, car elle n'évoluait pas au fur et à mesure de l'exercice de respiration. Elle s'affichait en rouge au lieu de vert ce qui a pu angoisser certains enfants. La vibration du dispositif n'était pas constante, ce qui n'a pas permis de fournir un retour kinesthésique.

Bien encore, les passations étant longues, nous pouvons nous questionner sur un effet de fatigabilité et de fluctuation attentionnelle.

5.5. Apport en orthophonie

La prise en soin mathématique en orthophonie tend à se développer depuis quelques années. Comme nous l'avons mentionné antérieurement, l'anxiété mathématique influence les performances mathématiques. Dans ce cas, nous pouvons nous demander si les prises en soin orthophoniques pour un trouble des apprentissages mathématiques (TAM) relèvent d'un véritable trouble spécifique ou si le TAM n'est pas confondu avec une simple anxiété mathématique. Suite à cette étude et à ce mémoire, nous avons réalisé l'importance de tester les enfants pour vérifier la présence d'une anxiété mathématique ou anxiété trait. En effet, il conviendrait de tester rapidement l'anxiété avant de proposer tout bilan orthophonique. Qu'il s'agisse de la cognition mathématique ou de tout autre domaine orthophonique, l'anxiété empêcherait d'observer les réelles capacités de l'enfant et pourrait conduire à un diagnostic erroné. Les orthophonistes pourraient alors orienter les enfants anxieux vers les professionnels compétents.

Plus globalement, nous avons pris connaissance de nombreux outils existants, que nous pourrions appliquer dans des domaines autres que les mathématiques. D'un point de vue éthique, il est important également de remarquer à quel point l'entretien du stéréotype selon lequel les garçons sont meilleurs en mathématiques que les filles peut avoir des influences sur les performances mathématiques. Il convient alors de déconstruire ce stéréotype lors des prises en soin orthophoniques.

5.6. Pistes pour de futures recherches

Suite à ce mémoire, quelques idées ont émergé pour de futures recherches. Pour observer des résultats plus significatifs concernant la diminution de l'anxiété mathématique, il serait pertinent de poursuivre cette étude en longitudinale et non en transversale. Cela permettrait d'allonger les passations dans le temps et d'atténuer l'effet de fatigabilité en proposant plusieurs sessions. Une étude longitudinale permettrait peut-être d'observer une réelle diminution de la FC et une réduction de l'anxiété trait et mathématique. Ces effets perdureraient potentiellement dans le temps. En outre, les questionnaires d'anxiété mathématique pourraient être proposés en post-test afin de quantifier cette diminution.

Au sujet de la différence perçue entre les performances mathématiques des garçons et des filles, il serait intéressant de proposer l'épreuve du TRDM-3 en collectif tout en séparant le groupe des garçons des filles. Dans une telle hypothèse, nous pourrions observer si en l'absence des garçons les filles continuent à activer le stéréotype de genre ou si ce dernier s'efface en

l'absence des garçons. S'il y a lieu, l'écart entre les performances mathématiques des filles et des garçons serait peut-être réduit et moins significatif.

Bien encore, il serait également intéressant de proposer aux enfants un petit questionnaire sur les croyances en matière de performances mathématiques. Ce petit questionnaire permettrait de vérifier l'existence du stéréotype et de vérifier vers quel niveau scolaire il apparaît.

Enfin, il pourrait être intéressant de combiner l'exercice de respiration Focus avec la méthode d'expression émotionnelle écrite afin de réduire l'anxiété mathématique. Cette méthode a permis d'améliorer les performances mathématiques lors d'une situation d'évaluation anxigène chez des étudiants (Ramirez & Beilock, 2011). Nous pourrions l'appliquer auprès d'enfants afin de vérifier les mêmes effets.

Conclusion

Dans la littérature, de nombreuses études se sont intéressées à l'effet de la cohérence cardiaque et du biofeedback sur les troubles anxieux. Cependant, aucune étude n'a porté spécifiquement sur l'anxiété mathématique car les méthodes cliniques permettant de réduire l'anxiété mathématique sont rares. Notre mémoire vise à compléter les données de la littérature en partant du constat selon lequel la cohérence cardiaque et le biofeedback sont efficaces sur les troubles anxieux. Nous avons alors envisagé la cohérence cardiaque comme une méthode pour traiter l'anxiété mathématique. Par ailleurs, des études ont montré l'influence du genre (garçons vs. filles) sur l'anxiété mathématique. D'autres se sont intéressées aux répercussions de l'anxiété mathématique sur les performances mathématiques et aux répercussions du genre sur les performances mathématiques. Notre étude est une étude préliminaire qui s'inscrit dans un protocole de recherche plus vaste.

L'objectif de ce mémoire était de prouver l'efficacité de l'outil Focus, couplant cohérence cardiaque et biofeedback, sur la diminution de l'anxiété mathématique présente chez des enfants scolarisés en classe de CE2. Pour ce faire, 32 enfants scolarisés en classe de CE2 ont été répartis dans un groupe expérimental (Focus) et dans un groupe contrôle (Mandala). Les mesures analysées concernaient l'anxiété trait, l'anxiété mathématique, la FC et les performances mathématiques. Nous attendions une diminution de la FC et une diminution de l'anxiété rapportée au sein de questionnaires présentés aux enfants. Parallèlement, nos objectifs secondaires étaient de suggérer une anxiété mathématique plus élevée chez les filles que chez les garçons. Nous attendions alors des scores plus élevés au questionnaire d'anxiété chez les filles que chez les garçons. De même, nous voulions suggérer que plus les enfants présentent une anxiété mathématique moins ils sont performants en mathématiques. Pour cela, nous attendions que les enfants qui présentent un score élevé au questionnaire d'anxiété mathématique obtiennent des performances en mathématiques moins élevées. Enfin, nous avons cherché à mettre en évidence que les filles sont moins performantes en mathématiques que les garçons. Nous attendions des scores obtenus aux épreuves mathématiques plus élevés chez les garçons que chez les filles.

Les résultats n'ont pas montré un effet de l'outil Focus sur l'anxiété mathématique. La FC et l'anxiété rapportées au sein des questionnaires n'étaient pas diminuées après l'exercice de respiration chez les sujets du groupe expérimental (groupe Focus). Les résultats n'ont pas

suggéré une anxiété mathématique plus élevée chez les filles que chez les garçons. En revanche, nous avons mis en évidence une forte corrélation entre anxiété mathématique et anxiété trait et entre anxiété mathématique et performances mathématiques. Nous avons également montré des meilleures performances mathématiques chez les garçons par rapport aux filles. Ces résultats témoignent des répercussions importantes de l'anxiété mathématique et de l'anxiété trait sur les performances mathématiques.

Pour conclure, nous avons rencontré des limites méthodologiques concernant la taille de notre échantillon et des problèmes techniques concernant l'outil Focus. Ces difficultés ont pu impacter significativement les résultats obtenus. Nous avons également relevé des difficultés de métacognition des émotions. De futures études pourraient compléter notre mémoire en s'intéressant à une étude longitudinale et non transversale. Ces études pourraient proposer des interventions sur plusieurs sessions tout en séparant les filles des garçons. Les interventions pourraient coupler l'outil Focus avec la méthode d'expression émotionnelle écrite. Enfin, il conviendrait de distinguer plus précisément l'anxiété trait de l'anxiété mathématique.

Bibliographie

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders : DSM-5* (5th ed.). Washington D.C.
- Amon, K., & 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.
- Ashcraft, M.-H., & Kirk, E.-P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 224–237.
- Ashcraft, M.-H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181–185.
- Bardel, M.-H., & Colombel, F. (2009). Rôles spécifiques de l'anxiété trait et état dans l'apparition et le maintien des biais attentionnels associés à l'anxiété: état des lieux et pistes d'investigation. *L'Encéphale*, 35(5), 409-416.
- 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 of the United States of America*, 107(5), 1860–1863. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910967107>
- Bouden, A., Halayem, M.-B., & Fakhfakh, R. (2002). Etude préliminaire de validation d'une échelle d'anxiété-trait chez l'enfant. *Neuropsychiatrie Enfance Adolescence*, 50, 25-30.
- Bradley, M.-M., & Lang, P.-J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49–59.
- Cattell, R.-B., & Scheier, I.-H. (1961). The meaning and measurement of neuroticism and anxiety. *Ronald*.
- Cattell, R.-B. (1963). Personality, role, mood, and situation-perception: A unifying theory of modulators. *Psychological Review*, 70(1), 1–18.
- Cattell, R.-B. (1966). The Scree Plot Test for the Number of Factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1, 140-161.
- 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.
- Chiu, L.-H., & Henry, L. (1990). Development and validation of the Mathematics Anxiety Scale for Children. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*. 23. 121-127.
- De Vos, T. (1992). Tempo Test Rekenen (TTR). *Arithmetic Number Fact Test*. Nijmegen: Berkhout.
- Dolfus, S. (2013). La cohérence cardiaque : Définition, intérêts et applications en psychiatrie. *European Psychiatry*, 28(S2), 13-13.
- Dormal, V., Vermeulen, N., & Mejjias, S. (2020). Is heart rate variability biofeedback useful in children and adolescents? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*.
- Fayol, M. (2018). Activités arithmétiques et anxiété. *A.N.A.E.*, 156, 603-610.
- Flament, M., Daoust, J., Churchill, A., & Hudek, N. (2014). Troubles anxieux chez l'enfant et aspects liés au développement. Dans : Jean-Philippe Boulenger éd., *Les troubles anxieux*. 27. (pp. 290-308). Cachan: Lavoisier.
- Foley, A.-E., Herts, J.-B., Borgonovi, F., Guerriero, S., Levine, S.-C., & Beilock, S.-L. (2017). The Math Anxiety-Performance Link: A Global Phenomenon. *Current Directions in Psychological Science*, 26(1), 52–58.

- Freud, S. (1936). *The problem of anxiety*. New York: W.W. Norton
- Gough, O.-P. (1954). Why failures in mathematics ? Mathemaphobia : Causes and treatments. In Eden, C., Heine, A., et Jacobs, A.M. (2013). *Mathematics anxiety and its development in the course of formal schooling : a review*. *Psychology*, 4 (6), 27.
- 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.
- IBM Corp. Released (2020). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0. Armonk, NY: IBM Corp
- Kenien, N. (2015). The Impact of Cardiac Coherence on Executive Fonctionning in Chidren with Emotional Disturbances. *Global Advances in Health and Medicine*, 4(2), 25-29.
- Loiseleur, C. (2016). Cohérence cardiaque. Méthode de gestion du stress et des émotions. *Hegel*, 2, 179-179.
- Maloney E.-A., & Beilock, S.-L. (2012). Math anxiety: who has it, why it develops, and how to guard against it. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(8), 404-406.
- Maloney, E.-A., Risko, E.-F., Ansari, D., & Fugelsang, J. (2010). Mathematics anxiety affects counting but not subitizing during visual enumeration. *Cognition*, 114(2), 293-297.
- Mejias, S., Muller, C., & Schiltz, C. (2019). Assessing Mathematical School Readiness. *Frontiers in Psychology*, 10.
- Pennebaker, J.-W. (2004). Theories, therapies, and taxpayers : On the complexities of the expressive writing paradigm. *Clinical Psychology : Science and Practice*, 11, 138-142.
- Petronzi, D., Staples, P., Sheffield, D., Hunt, T.-E., & Fitton-Wilde, S. (2019). Further development of the Children's Mathematics Anxiety Scale UK (CMAS-UK) for ages 4-7 years. *Educational Studies in Mathematics*, 100(3), 231-249.
- Pletzer, B., Wood, G., Scherndl, T., Kerschbaum, H.-H., & Nuerk, H.-C. (2016). Components of Mathematics Anxiety: Factor Modeling of the MARS30-Brief. *Frontiers in Psychology*.
- Pop-Jordanova, N. (2009). Heart rate variability in the assessment and biofeedback training of common mental health problems in children. *Medical Archives*, 63(5), 248-252.
- Primi, C., Donati, M.-A., Izzo, V.-A., Guardabassi, V., O'Connor, P.-A., Tomasetto, C., & Morsanyi, K. (2020). The Early Elementary School Abbreviated Math Anxiety Scale (the

- EES AMAS): A New Adapted Version of the AMAS to Measure Math Anxiety in Young Children. *Frontiers in Psychology*, 11, 1014–1014.
- Ramirez, G., & Beilock, S.-L. (2011). Writing about testing worries boosts exam performance in the classroom. *Science*, 331, 211-213.
- 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.
- Richardson, F.-C., & Suinn, R.-M. (1972). The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric data. *Journal of Counseling Psychology*, 19(6), 551–554.
- Robert, P., Rey-Debove, J., & Reyes, A. (2016). Anxiété. *Dans Le Petit Robert de la Langue française*.
- Rubinsten, O., Bialik, N., & Solar, Y. (2012). Exploring the relationship between math anxiety and gender through implicit measurement. *Frontiers in human neuroscience*.
- Servant, D., Lebeau, J.-C., Mouster, Y., Hautekeete, M., Logier, R., & Goudemand, M. (2008). La variabilité cardiaque. *Journal de Thérapie Comportementale et Cognitive*. 18(2), 45-48.
- Servant, D., Logier, R., Monster, Y., & Gourdemand, M. (2009). La variabilité de la fréquence cardiaque. *Intérêts en psychiatrie. L'Encéphale*. 35(5), 423-428.
- Servant. (2015). *La relaxation : nouvelles approches, nouvelles pratiques (2nd ed.)*. Elsevier Masson.
- Spielberger, C.-D. (1966). *Anxiety and behavior*. Academic Press.
- Spielberger, C.-D. (1972). Anxiety: Current trends in theory and research: I. *Academic Press*.
- Spielberger, C.-D., Gorsuch, R.-L., Lushene, R., Vagg, P.-R., & Jacobs, G.-A. (1973). Manual for the State-Trait Anxiety Inventory. *Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press*
- Spielberger, C.-D. (2012). State-Trait Anxiety Inventory for Adults. *American Psychological Association*.
- Suinn, R.-M., Taylor, S., & Edwards, R.-W. (1988). Suinn Mathematics Anxiety Rating Scale for Elementary School Students (MARS-E): Psychometric and Normative Data. *Educational and Psychological Measurement*, 48(4), 979–986.
- Suinn, R.-M., & Winston, E.-H. (2003). The Mathematics Anxiety Rating Scale, a Brief Version: Psychometric Data. *Psychological Reports*, 92(1), 167-173.
- Swanson, J.-M. (2013). SNAP-IV 26-Item Teacher and Parent Rating Scale
- Tourette, C. (2010). Le développement de l'enfant. Dans : Alain Lieury éd., *Psychologie pour l'enseignant* (pp. 1-30). Paris: Dunod.
- Vilette, B. (2017). L'anxiété mathématique apparaît-elle au début des apprentissages scolaires ?. *Enfance*, 4(4), 513-519.
- Vilette, B., & Docus, C. (2019). Chapitre 9. L'expression émotionnelle écrite pour surmonter l'anxiété mathématique. Dans : Philippe Brun éd., *12 interventions en psychologie du développement* (pp. 199-215). Paris: Dunod.
- Watson, D., Clark, L.-A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of personality and social psychology*, 54(6), 1063.
- Wechsler, D. (2014). *WISC-V : Wechsler intelligence scale for children*. Fifth edition. Bloomington, MN : Pearson

- Wigfield, A., & Meece, J.-L. (1988). Math anxiety in Elementary and Secondary School Students. *Journal of Educational Psychology*, 80(2), 210-216.
- Wu, S.-S., Barth, M., Amin, H., Malcarne, V., & Menon, V. (2012). Math anxiety in second and third graders and its relation to mathematics achievement. *Frontiers in Psychology*, 3.
- Young, C.-B., Wu, S.-S., & Menon, V. (2012). The Neurodevelopmental basis of math anxiety. *Psychological Science*, 23(5), 492-501.

Liste des annexes

Annexe n°1 : Questionnaire STAI-C (State Trait Anxiety Inventory for Children)

Annexe n°2 : Questionnaire PANAS-SF (Positive and Negative Affect Schedule)

Annexe n°3 : Les trois caractéristiques d'une réponse émotionnelle du questionnaire SAM (Self-Assessment Manikin)

Annexe n°4 : Questionnaire SNAP-IV 26 items

Annexe n°5 : Questionnaire EES-AMAS (The Early Elementary School Abbreviated Math Anxiety Scale)

Annexe n°6 : Questionnaire mAMAS (The Modified Abbreviated Math Anxiety Scale)

Annexe n°7 : Présentation de l'outil Focus