



DÉTECTION PRÉCOCE DE LA DYSCALCULIE ET DE L'ANXIÉTÉ LIÉE AUX MATHÉMATIQUES



NATIONAL AGENCY
FOR EUROPEAN EDUCATIONAL
PROGRAMMES AND MOBILITY



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et avis exprimés n'engagent que leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

**DÉTECTION PRÉCOCE DE LA DYSCALCULIE ET DE L'ANXIÉTÉ
LIÉE AUX MATHÉMATIQUES**

A.Karovska Ristovska, M. Filipovska, T. Petroski, D.Nikolovski, V.Marconi, G. Del Vecchio,
F. Avellino, L. Nieto Cuervo and J.Dupont



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et avis exprimés n'engagent que leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.



NATIONAL AGENCY
FOR EUROPEAN EDUCATIONAL
PROGRAMMES AND MOBILITY

La publication et la recherche "Early school detection of dyscalculia and math anxiety" ont été préparées dans le cadre du projet "Courses for parents of children with dyscalculia" financé par l'Union européenne par l'intermédiaire de l'Agence nationale pour les programmes éducatifs européens et la mobilité dans le cadre du programme Erasmus +.



Le projet « Cours pour les parents d'enfants dyscalculiques » est mis en œuvre par la Dyslexia Association Einstein, basée à Skopje, en tant que coordinateur du projet, en partenariat avec la fondation Halgarten Frchetti - Villa Montesca (Italie) et Logopsycom (Belgique).

Publié par : Dyslexia Association Einstein

Auteurs et

chercheurs : Aleksandra Karovska Ristovska

Maja Filipovska

Tomi Petroski

Damjan Nikolovski

Virginia Marconi

Gaia Del Vecchio

Francesca Avellino

Laura Nieto Cuervo

Jordane Dupont

Éditrice : Ema Mladenovska

Design : Darja Nikolovska

Imprimé par : Polyesterday

Tirage : 100 copies

Gratuit – exploitation non commerce

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

159.953:616.89]:37.015.311(035)

37.015.3:159.953]:51(035)

РАНА училишна детекција на дискалкулија и математичка анксиозност /

автори Александра Каровска Ристовска, ...[и др.]. - Скопје : Здружение за дислексија

Ајнштајн, 2017. - 33 стр. ; 30 см

Останати автори: Маја Филиповска, Томи Петроски, Дамјан Николовски. -

Библиографија: стр. 55-57. - Финансиер: Еразмус +, „ Курсеви за родители на деца со дискалкулија,,

ISBN 978-608-66138-7-7

1. Каровска Ристовска, Александра [автор] 2. Филиповска, Маја [автор] 3. Петроски, Томи [автор] 4. Николовски, Дамјан [автор]

а) Дискалкулија -- Ученици -- Педагошки аспекти -- Прирачници

Table des matières

I. Introduction	5
II. Difficultés d'apprentissage en mathématiques, dyscalculie et évaluation des compétences en matière de numératie	5
III. Définition des mathématiques et des difficultés d'apprentissage en mathématiques.....	8
IV. Troubles spécifiques de l'apprentissage et cas de troubles mixtes et de dyscalculie	9
V. Facteurs qui causent des difficultés d'apprentissage en mathématiques.....	12
VI. Signes de difficultés en mathématiques.....	13
VII. Pourquoi certaines personnes ont-elles des difficultés en mathématiques ?.....	14
VIII. Qu'est-ce que la dyscalculie ?.....	15
IX. Définitions de la dyscalculie.....	16
X. Les origines de la dyscalculie	18
XI. Compréhension contemporaine de la dyscalculie.....	19
XII. La dyscalculie à l'école	24
Situation et phase de test en Belgique	28
XIII. Conclusions du test réalisé en Italie.....	36
XIV. Conclusions du test réalisé en Macédoine du Nord	37

I. Introduction

Cette étude est le premier résultat de notre projet. En menant cette étude, nous voulions acquérir des connaissances sur les difficultés en mathématiques dans les pays participants afin de pouvoir répondre au mieux aux besoins des élèves ayant des difficultés en mathématiques.

Les experts de chaque organisation partenaire ont créé le cadre méthodologique de l'étude. Elle a été menée dans les mêmes conditions dans chacun des pays partenaires du projet. Une fois la phase de préparation de l'étude terminée, la recherche sur le terrain, c'est-à-dire dans les écoles, a été menée. La dernière phase du résultat est destinée à l'analyse des données et à l'interprétation des résultats.

Sur la base des recherches menées, nous avons tiré des conclusions et avons proposé des politiques que les autorités doivent fournir afin d'améliorer les conditions pédagogiques des élèves atteints de dyscalculie et d'améliorer leurs compétences mathématiques. Nous avons également utilisé les connaissances acquises dans ce résultat dans d'autres parties du projet afin de créer une plateforme d'apprentissage en ligne et deux formations internationales sur les difficultés en mathématiques.

II. Difficultés d'apprentissage en mathématiques, dyscalculie et évaluation des compétences en matière de numératie

D'après les évaluations effectuées par les enseignants, on estime qu'en Italie, 20 % de la population étudiante rencontre des difficultés dans ce domaine d'apprentissage (Lucangeli et Cornoldi, 2007). En revanche, les troubles spécifiques en calcul sont rares. Selon une enquête récente menée par le MIUR (Ministère de l'éducation et du mérite), au cours de l'année scolaire précédent la pandémie, des troubles spécifiques en calcul n'ont été détectés que chez 0,7 % des élèves.

À l'école, il est crucial de faire la distinction entre les termes « difficulté d'apprentissage » et

« trouble de l'apprentissage ». Le premier terme désigne toute difficulté qu'un élève peut rencontrer pendant sa scolarité et qui peut souvent être surmontée en s'appliquant davantage dans l'étude ou en bénéficiant d'un parcours d'enseignement individualisé. Le second terme désigne un problème beaucoup plus grave et omniprésent et qui peut profondément affecter les performances scolaires d'un élève. Dans les deux cas, il est important de mesurer les compétences en mathématiques de l'élève avec précision grâce à une batterie de tests standardisés.

Au cours de leur scolarité, de nombreux enfants et jeunes rencontrent des moments particulièrement difficiles dans l'apprentissage des nombres, des calculs et des mathématiques en général. Ces difficultés peuvent se manifester avec des niveaux de gravité variables. Certains élèves ne rencontrent des difficultés qu'occasionnellement, par exemple lorsqu'ils font face à un nouveau sujet ou lorsqu'ils doivent résoudre un problème extrêmement complexe, mais ils peuvent aussi avoir des difficultés pendant de longues périodes de leur scolarité et ces difficultés sont constantes et associées à un inconfort dans le traitement des tâches mathématiques. Dans les cas plus graves, en revanche, ces difficultés sont constantes et omniprésentes, ce qui va non seulement affecter gravement les résultats scolaires de l'élève dans leur ensemble, mais aussi parfois causer de graves problèmes d'adaptation et d'estime de soi.

Sur le plan opérationnel, le trouble se distingue généralement d'une difficulté plus « légère » non seulement par des performances beaucoup plus faibles que la moyenne lors de tests mathématiques standardisés, mais aussi par son caractère de plus grande spécificité, de persistance et de résistance à une intervention spécifique.

Pour ces raisons, une évaluation minutieuse en milieu clinique est très importante. Cependant, comme les mathématiques sont un ensemble très diversifié de compétences et de capacités, le contenu des différents tests standardisés peut différer considérablement en termes de types de tâches évaluées. Par exemple, certaines batteries de tests se concentrent davantage sur la résolution de calculs et de tâches qui nécessitent une manipulation des nombres, mais d'autres tests évaluent l'interprétation et la résolution de problèmes mathématiques présentés verbalement. Un autre facteur important est l'âge cible auquel l'outil d'évaluation est destiné : le contenu des tests varie toujours lorsque les tests sont destinés à des groupes d'âge différents. Par conséquent, différents tests standardisés ne mesurent pas nécessairement le même type de compétences, et cette grande variabilité

affecte évidemment le parcours diagnostique. Notez également qu'à ce jour, il n'y a pas d'accord en ce qui concerne le seuil spécifique ou le score critique (limite) qui indique qu'une personne doit être désignée comme dyscalculique (Szücs et Goswami, 2013).

En outre, la situation est compliquée par le fait que les difficultés en mathématiques peuvent être associées non seulement à des troubles spécifiques de l'apprentissage (par exemple, des difficultés de lecture), mais aussi à des faiblesses générales du domaine cognitif (par exemple, la mémoire de travail, les fonctions exécutives, etc.), ainsi qu'à des difficultés cognitives (par exemple, la mémoire de travail, les fonctions exécutives, etc.) (Bull et Lee, 2014 ; Raghobar, Barnes et Hecht, 2010) et à des problèmes émotionnels, tels que l'anxiété liée aux mathématiques (Maloney et Beilock, 2012 ; Mammarella, Caviola et Dowker, 2019 ; Vukovic et al., 2013).

Les cliniciens sont bien conscients des difficultés et des pièges posés par le diagnostic de la dyscalculie développementale.

Avec la loi 170/10 et les lois régionales formulées pour décliner les procédures de diagnostic dans les contextes territoriaux, c'est précisément la dyscalculie qui est affectée d'un point de vue diagnostique. Dans de nombreuses régions, les règlements d'application prévoient l'indication de données cliniques pour identifier la dyslexie et la dysorthographe développementales (avec des scores, des écarts et des paramètres à respecter en ce qui concerne les compétences en calcul). Cependant, dans de nombreuses régions, les professionnels se contentent d'une évaluation qualitative et d'une description des tests et des résultats obtenus par l'enfant. Cela montre que, lorsqu'il s'agit de la dyscalculie, la prudence n'est jamais de trop. Les variables à prendre en compte pour le diagnostic sont si nombreuses et si complexes qu'il faut procéder avec prudence.

Mais pourquoi cette prudence ? En résumé, les troubles spécifiques de l'apprentissage sont liés avant tout au manque d'automatisation et de contrôle des procédures. En ce qui concerne la lecture et l'écriture, les procédures sont clairement identifiables (fluidité et exactitude de la lecture, orthographe) et leur apprentissage est établi et limité aux deux premières années de l'école primaire. En revanche, ce n'est pas le cas en ce qui concerne le calcul.

Les enfants commencent à apprendre les procédures par le biais d'un enseignement formel, et continuent ensuite à les apprendre pendant des années et des années, bien au-delà du premier cycle de l'école primaire. Les additions, les soustractions, les ordres de grandeur des

nombres, les multiplications, les puissances et les racines carrées, les expressions, et les équations sont des procédures enseignées au fil du temps. C'est aussi la raison pour laquelle le diagnostic n'est pas établi avant la fin de la troisième année primaire, car il est nécessaire de vérifier les compétences acquises par l'enfant en arithmétique de base, en identifiant les compétences qui peuvent être considérées comme « de base » et indicatives d'une capacité générique, afin d'exclure un profil de dyscalculie développementale.

III. Définition des mathématiques et des difficultés d'apprentissage en mathématiques

Les mathématiques sont un langage universel qui comprend des nombres, des mesures, des formes, des probabilités et des algorithmes. Les mathématiques sont importantes et utiles pour tout le monde en tant qu'information quantitative.

Nous avons tous la capacité de « répondre aux propriétés numériques de notre monde visuel, sans bénéficier du langage, du raisonnement abstrait ou de beaucoup d'occasions de manipuler notre monde » (Butterworth, 2005a, p. 5). La numérosité est définie comme « une propriété invariante d'une collection d'objets spécifiant sa taille numérique » (Van Loosbroek et Smitsman, 1990).

Des études montrent que les enfants ont une connaissance innée des concepts de base des nombres. Cette connaissance diffère d'un enfant à l'autre.

Le Conseil national des professeurs de mathématiques (1989) a proposé cinq objectifs pour repenser l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Le conseil a estimé que les élèves devraient (a) apprendre à valoriser les mathématiques, (b) avoir confiance en leur capacité à faire des mathématiques, (c) devenir des spécialistes en résolution de problèmes mathématiques, (d) apprendre à communiquer mathématiquement, et (e) apprendre à raisonner mathématiquement.

Difficultés en mathématiques

Des difficultés en mathématiques ont été identifiées chez les enfants, au stade de leur développement scolaire. Ces difficultés incluent un manque de fluidité arithmétique, de rapidité à nommer les chiffres, des stratégies de comptage inefficaces et une mauvaise sens du nombre.

Les chercheurs ont indiqué que la prévalence des difficultés en mathématiques se situait entre 4 % et 7 % chez les enfants d'âge scolaire (Badian, 1983 ; Gross-Tsur, Manor et Shalev, 1996 ; Kosci, 1974 ; et Lewis, Hitch et Walker, 1993). Les estimations en ce qui concerne les difficultés en mathématiques chez la population d'âge scolaire sont d'une utilité limitée car : (1) la plupart des études se sont concentrées sur des faits arithmétiques, et non sur des processus et un contenu de niveau supérieur ; (2) les estimations peuvent être élevées en raison de l'absence de prévention solide dans les classes primaires ; (3) les études n'examinent généralement pas la véracité des difficultés en mathématiques en fonction de la façon dont l'incapacité est définie ; et (4) les définitions opérationnelles des difficultés en mathématiques varient d'une étude à l'autre (Fuchs, Compton, Fuchs, Paulsen, Bryant et Hamlett, 2005).

Troubles de l'apprentissage en mathématiques

Bien que les enfants ayant des difficultés en mathématiques soient spécifiquement inclus dans la définition des troubles de l'apprentissage, il est rare que les difficultés d'apprentissage en mathématiques amènent les enfants à être orientés vers une évaluation. Dans les écoles, des services d'éducation spécialisée sont fournis en fonction des difficultés d'apprentissage des enfants. Environ 6 % des enfants scolarisés ont des problèmes en mathématiques. Ces difficultés sont très répandues et nécessitent de l'attention et de l'inquiétude. Les effets de l'analphabetisme mathématique handicapent gravement la vie quotidienne et la carrière de la personne concernée.

IV. Troubles spécifiques de l'apprentissage et cas de troubles mixtes et de dyscalculie

Le terme « trouble spécifique de l'apprentissage » désigne un trouble d'origine neurobiologique, qui n'est pas attribuable à la présence d'une déficience intellectuelle, de troubles neurologiques, sensoriels ou émotionnels ou d'autres pathologies, ni imputable à des situations environnementales de désavantage socioculturel ou d'éducation inadéquate. De plus, la prédisposition neurobiologique au trouble entraîne une résistance plus ou moins sévère au traitement. Par conséquent, des exercices nombreux et fréquents, ainsi que des activités ciblées sont nécessaires pour obtenir une amélioration, en tirant parti de la

plasticité neuronale.

Selon les Recommandations pour la pratique clinique pour les troubles spécifiques de l'apprentissage, afin de vérifier la résistance au traitement, il est nécessaire de fournir, si des difficultés sont rencontrées, des activités de renforcement adaptées aux besoins spécifiques de l'enfant/du jeune. Si, malgré le renforcement, les résultats obtenus ne sont pas satisfaisants, on peut parler de résistance au traitement et ainsi émettre l'hypothèse de la présence d'un trouble spécifique de l'apprentissage.

Un indicateur supplémentaire de la présence d'un trouble est la résistance à l'automatisation : des compétences telles que la lecture et le calcul, au fil des ans, sont effectuées par la plupart des enfants de manière de plus en plus rapide et automatisée. Chez les enfants atteints de troubles spécifiques de l'apprentissage, en revanche, l'automatisation des différentes compétences progresse plus lentement.

D'autres particularités importantes des troubles spécifiques de l'apprentissage concernent leur nature développementale et leur comorbidité fréquente avec d'autres troubles, ce qui détermine la grande hétérogénéité des profils fonctionnels avec lesquels les troubles spécifiques de l'apprentissage se manifestent.

Au niveau réglementaire, la dyscalculie a été reconnue, tout comme la dyslexie, la dysgraphie et la dysorthographe, comme un trouble spécifique de l'apprentissage par la loi n° 170 du 8 octobre 2010 concernant les « nouvelles normes sur les troubles spécifiques de l'apprentissage en milieu scolaire ». La même loi établit le droit des élèves atteints de troubles spécifiques de l'apprentissage de bénéficier d'outils compensatoires spécifiques, notamment des moyens alternatifs d'apprentissage et des technologies de l'information, ainsi que des mesures de dispense des services non essentiels. De plus, un enseignement individualisé et personnalisé doit être garanti en fonction des besoins spécifiques de l'élève. Selon la loi 170, en fonction de la compétence qui est touchée, nous pouvons principalement distinguer quatre troubles spécifiques de l'apprentissage différents :

- La dyslexie développementale ou trouble spécifique de la lecture, qui se manifeste par une lenteur excessive et un nombre élevé d'erreurs dans le décodage d'un texte écrit ;
- La dysorthographe ou trouble spécifique de l'écriture, qui se manifeste par un

nombre élevé d'erreurs commises lors de l'écriture ;

- La dysgraphie, un trouble fréquemment lié à des problèmes de coordination motrice caractérisés par une écriture illisible, parfois même très lente ;
- La dyscalculie développementale ou trouble spécifique du calcul, qui entraîne de mauvaises performances aux tests portant sur les nombres et le calcul, parfois aussi dans d'autres types de tests mathématiques.

Les systèmes de diagnostic ont une position différente sur les troubles spécifiques de l'apprentissage :

Le DSM-5 (APA, 2014) ne prévoit qu'une seule catégorie, tandis que la CIM-10 (OMS, 1992) et la CIM-11 (OMS, 2018) en fournissent quatre, dont deux (trouble de l'acquisition de l'arithmétique et troubles spécifiques mixtes) incluent un problème dans le domaine des mathématiques.

Dans la CIM-10 et la CIM-11, ce trouble est appelé « trouble spécifique de l'acquisition de l'arithmétique » (F81.2 pour la CIM-10, 6A03.2 pour la CIM-11). Ce trouble se caractérise par des performances significativement insuffisantes par rapport aux attentes en matière d'âge et de niveau en ce qui concerne les tâches mathématiques, et par une altération de l'acquisition des principales procédures de calcul (addition, soustraction, multiplication et division).

Contrairement à la CIM-10, dans le DSM-5, c'est-à-dire le Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, cinquième édition (APA, 2014), les troubles spécifiques de l'apprentissage sont regroupés dans une seule catégorie, « troubles spécifiques de l'apprentissage ». En fait, l'APA (Association américaine de psychologie) estime qu'il n'y a pas suffisamment de preuves pour justifier la différenciation entre les différents types de troubles. Il est toutefois possible d'ajouter au diagnostic les spécificateurs suivants : trouble spécifique de l'apprentissage avec altération de la lecture, de l'expression écrite et du calcul. En ce qui concerne le dernier spécificateur, le DSM-5 prend en compte un large éventail de difficultés, qui peuvent affecter l'acquisition et la maîtrise du concept de nombre, les compétences en calcul, la mémorisation des faits arithmétiques et des activités plus complexes, telles que le raisonnement mathématique. Ces difficultés doivent persister

pendant au moins six mois et entraver négativement les performances à l'école, au travail ou dans des situations quotidiennes où la manipulation d'informations mathématiques est nécessaire. En outre, en fonction des conséquences adaptatives du trouble et du niveau de soutien nécessaire, il existe une indication du niveau de gravité : léger, modéré ou grave.

V. Facteurs qui causent des difficultés d'apprentissage en mathématiques

Les facteurs typiques qui causent des troubles de l'apprentissage en mathématiques :

- *Maîtrise incomplète des automatismes de calcul*

Les automatismes de calcul sont le fondement des calculs de base : les élèves doivent les mémoriser au début de l'école primaire. Se souvenir de ces calculs est difficile, car cela oblige les élèves à penser mathématiquement.

- *Faiblesse en calcul*

Les élèves qui sont incohérents dans leurs calculs commettent des erreurs dans les signes et écrivent mal les nombres. Ces erreurs peuvent être rectifiées lors des cours de remédiation.

- *Difficulté à transférer les connaissances*

Les élèves éprouvent des difficultés à relier les objets abstraits ou conceptuels des mathématiques à la réalité. L'apprentissage des élèves aura du sens lorsque la situation réelle sera donnée.

- *Faire des liens*

Les élèves ont du mal à établir des liens avec les expériences mathématiques. Pour que les élèves comprennent les nombres et les quantités, ces éléments doivent être connectés à des objets.

- *Compréhension incomplète du langage mathématique*

Certains élèves ont du mal à comprendre les consignes verbales ou à comprendre les explications écrites et trouvent les problèmes écrits difficiles à traduire.

- *Difficultés visuelles, spatiales et perceptives*

Les élèves ayant des difficultés visuelles, spatiales et perceptives ont du mal à comprendre la

taille relative de trois objets différents, par exemple.

- *Difficultés de lecture et de compréhension*

Les élèves ayant des difficultés de lecture et de compréhension ont du mal à lire les nombres qui se ressemblent, comme 6 et 9, à interpréter l'espace entre les nombres, à lire les nombres contenant plus d'un chiffre, à lire les nombres de gauche à droite et vice-versa.

- *Difficultés d'écriture*

Les élèves concernés ont du mal à écrire des symboles, à copier des nombres, à calculer et à travailler avec des figures géométriques.

- *Difficultés en ce qui concerne la compréhension de concepts et de symboles*

Les élèves ayant des difficultés à comprendre des concepts et des symboles ont du mal à comprendre les symboles mathématiques, les concepts de poids, d'espace, de direction et de temps, le concept de nombres, la quantité de mesures et le concept de quantité.

- *Difficultés en ce qui concerne la séquence des nombres et les faits mathématiques*

Les élèves concernés ont du mal avec l'arrangement des nombres et ont du mal à compter (en arrière aussi).

- *Difficultés de réflexion complexe et de flexibilité*

Les élèves qui ont du mal à penser de façon complexe et à faire preuve de souplesse ont du mal à choisir la bonne stratégie pour résoudre des problèmes.

VI. Signes de difficultés en mathématiques

Nous pouvons répartir les signes qui témoignent de difficultés en mathématiques en six catégories :

- Difficultés de production

Les élèves ont du mal à se rappeler des faits mathématiques, des procédures, des règles ou des formules et mettent du temps à s'en souvenir.

- Difficultés d'organisation

Les élèves ont du mal à séquencer plusieurs étapes dans un problème.

- Difficultés de langage

Les élèves ont du mal à comprendre les problèmes écrits, le vocabulaire mathématique et à se souvenir des termes abstraits.

- Difficultés d'attention

Les élèves ont du mal à suivre des problèmes et des tâches mathématiques.

- Difficultés visuelles, spatiales ou de classement

Les élèves concernés ont du mal à comprendre les procédures en plusieurs étapes, à effectuer des manipulations et à interpréter les configurations géométriques.

- Difficultés avec les tâches multiples

Cela concerne les élèves ayant du mal à effectuer plusieurs tâches et qui ont du mal à comprendre des faits et des procédures mathématiques complexes.

VII. Pourquoi certaines personnes ont-elles des difficultés en mathématiques ?

Les différences individuelles en ce qui concerne les mathématiques jouent un rôle majeur dans leur compréhension. Des chercheurs de différents pays ont indiqué que les différences individuelles étaient l'une des raisons qui expliquent qu'une personne a des difficultés en mathématiques.

Les élèves atteints de troubles de l'apprentissage ont du mal à acquérir la fluidité des faits mathématiques. Ces élèves utilisent des méthodes de calcul inefficaces et inexactes, telles que l'utilisation de coches ou de marques de dénombrement. Ils commettent plus d'erreurs de comptage et utilisent des procédures de calcul moins matures sur le plan du développement que leurs pairs qui n'ont pas de troubles (Geary, 2004). Ils ont du mal à rester concentrés sur les tâches, et ne travaillent pas avec soin sur les tâches mathématiques. Ces élèves ont une faible estime de soi, car ils se rendent compte que leurs pairs ne partagent pas ce problème. Les élèves plus âgés maîtrisent déjà ces faits et les ont mémorisés de sorte qu'ils sont capables de s'en souvenir rapidement et précisément. Cependant, ce n'est peut-être pas le cas des plus jeunes (Gersten et Chard, 2001). Certains élèves sont embarrassés, car ils pensent qu'ils ne peuvent pas répondre aux attentes. Cela conduit à une faible estime de soi en ce qui concerne les capacités mathématiques. L'enseignement multisensoriel est une méthode efficace pour les élèves atteints de troubles

de l'apprentissage afin de renforcer le développement des concepts. En utilisant plus d'une modalité sensorielle, l'élève peut acquérir et développer des connaissances préalables. Étant donné que de plus en plus d'élèves ayant des besoins spécifiques suivent leur scolarité dans l'enseignement général, ils ont besoin d'avoir à leur disposition une méthode de calcul qui leur permettra d'effectuer des calculs cohérents et précis. Les élèves plus âgés, qui sont plus mal à l'aise et qui ne maîtrisent pas bien les mathématiques, peuvent avoir besoin d'une méthode efficace et discrète pour effectuer des calculs tout en continuant à développer des concepts mathématiques.

Les difficultés de calcul des élèves peuvent être causées par des caractéristiques individuelles (par exemple, des modèles inhabituels de développement du cerveau), par un enseignement inadéquat ou inapproprié, et par le manque d'exercices réalisés à la maison avant l'entrée à l'école par le biais d'activités mathématiques et par le langage.

VIII. Qu'est-ce que la dyscalculie ?

« Dyscalculie » signifie littéralement « désordre dans le calcul ». Ce terme est utilisé pour décrire des difficultés spécifiques dans l'apprentissage des mathématiques. C'est un terme général qui fait référence à un large éventail de troubles de l'apprentissage impliquant les mathématiques ou de graves difficultés en mathématiques. Il affecte la capacité d'acquérir des compétences mathématiques et comprend tous les types de problèmes en mathématiques, allant de l'incapacité à comprendre les nombres, à l'incapacité à appliquer des principes mathématiques tout en résolvant des problèmes. La dyscalculie implique l'incapacité à comprendre la signification des nombres et des quantités.

La dyscalculie (ou trouble d'apprentissage des mathématiques) est un trouble spécifique de l'apprentissage qui implique une difficulté innée à apprendre ou à comprendre l'arithmétique. La dyscalculie comprend la difficulté à comprendre les chiffres, à apprendre à manipuler les chiffres, à apprendre les faits mathématiques, et un certain nombre d'autres symptômes connexes. Il a également été constaté que les troubles de l'apprentissage en mathématiques peuvent également se produire à la suite de certains types de lésions cérébrales. Dans ce cas, le terme utilisé est l'acalculie, pour le distinguer de la dyscalculie qui est d'origine innée, génétique ou développementale.

Bien que les difficultés d'apprentissage des mathématiques se produisent chez les enfants ayant un QI faible, la dyscalculie peut atteindre n'importe qui, peu importe leur QI. Ces personnes ont également des difficultés avec le temps, les mesures et le raisonnement spatial. Un individu peut souffrir de difficultés en arithmétique (ou dyscalculie), sans altération de ses capacités de raisonnement mathématique abstraites. Ainsi, le mot « dyscalculie » signifie « difficulté avec les calculs », et fait référence à une difficulté grave dans la compréhension et l'utilisation des symboles ou des fonctions nécessaires pour réussir en mathématiques.

IX. Définitions de la dyscalculie

La dyscalculie développementale a été reconnue pour la première fois par le Département de l'Éducation et des Compétences (DFES) (2001) et a été définie comme suit : « trouble qui affecte la capacité d'acquérir des compétences arithmétiques. Les apprenants dyscalculiques peuvent avoir du mal à comprendre des concepts de nombre simples, manquer de compréhension intuitive des nombres et avoir du mal à apprendre les automatismes de calcul et les procédures numériques. Même s'ils produisent une réponse correcte ou utilisent une méthode correcte, il est possible qu'ils le fassent machinalement et sans avoir confiance en eux (DFES, Guidance to support pupils with dyslexia and dyscalculia, 0512/2001).

Le mot dyscalculie vient du grec et du latin, et signifie « compter mal ». Le préfixe « dys » vient du grec et signifie « mal ». « Calculia » vient de « calculus », qui signifie « caillou », faisant référence aux cailloux se trouvant sur un abaque.

Symptômes de la dyscalculie

La personne concernée a du mal à :

- Compter ;
- Identifier ce qui est petit et ce qui est grand ;
- Lire l'heure sur les horloges analogiques ;
- Faire la différence entre long et court ;
- Comprendre les ordres de grandeur ;

Les enfants dyscalculiques ont également :

- Du mal à séquencer les nombres ou à les transposer lorsqu'ils sont répétés, par exemple en transformant 89 en 98 ;
- Des difficultés arithmétiques et confondent notamment les signes $+$, $-$, \div , \times ;
- Du mal à apprendre et à se souvenir des « faits » arithmétiques, à savoir les problèmes arithmétiques, les tables de multiplication, les calculs mentaux, etc. ;
- Du mal à conceptualiser le temps ;
- Du mal à réaliser des tâches quotidiennes ;
- Du mal à comprendre les opérations de base : « plus », « ajouter », « ajouter-ensemble » ;
- Du mal à comptabiliser les points pendant un jeu ;
- Du mal à s'orienter, à lire des cartes et ont un mauvais sens de l'orientation ;
- Des difficultés dans le traitement séquentiel du physique à l'abstrait ;
- Peur des mathématiques et des dispositifs mathématiques ;
- Du mal à distinguer la gauche de la droite ;
- Du mal à estimer ;
- Du mal à se concentrer sur des tâches mentalement intensives ;
- Du mal à comprendre la budgétisation ;
- Du mal à comprendre et à se souvenir des concepts mathématiques, des règles, des formules et des séquences ;
- Du mal à filtrer les informations ou sentiments indésirables ;
- Une inhibition faible et latente, c'est-à-dire une hypersensibilité au bruit, aux odeurs, à la lumière ;
- Un mauvais sens de l'orientation ;
- Du mal à calculer mentalement la mesure d'un objet ;
- Du mal à inverser ou à transposer les nombres ;
- Du mal à comprendre les signes $+$, $-$, \div et \times ;
- De mauvaises compétences en calcul mental.

Les élèves dyscalculiques continuent de compter sur leurs doigts tandis que leurs camarades sont passés à des méthodes plus efficaces, et préfèrent utiliser une calculatrice même pour les calculs les plus simples. Ils essaient de faire face aux mathématiques en mémorisant les règles, mais ne comprennent pas réellement ce qu'ils font, et utilisent mal ou oublient

facilement la procédure.

X. Les origines de la dyscalculie

La dyscalculie se développe en raison de causes neurobiologiques, de raisons génétiques et de facteurs environnementaux. Les dyscalculiques semblent avoir des problèmes cognitifs non seulement dans les tâches numériques, mais aussi dans des domaines plus généraux qui sont impliqués dans le développement arithmétique, tels que la mémoire de travail. Les chercheurs ont étudié l'activité cérébrale et ont révélé que le processus de la mémoire de travail spatiale est impliqué dans la compréhension neuronale. Il inhibe la formation des nombres spatiaux.

- *Point de vue neurobiologique*

Des études ont indiqué que les enfants dyscalculiques ont du mal à effectuer des calculs. Elle a révélé que, chez les enfants dyscalculiques, une petite zone du cerveau est activée lorsqu'ils effectuent des calculs, alors que ce n'est pas le cas chez les enfants qui ne sont pas dyscalculiques. Le lobe pariétal du cortex cérébral est responsable des opérations numériques. Cela indique que le lobe pariétal des enfants ayant des difficultés en mathématiques est d'une certaine façon endommagé. (Lemer.2003 ; Kucian et.al.2006).

- *Causes génétiques de la dyscalculie*

La génétique joue un rôle important dans l'acquisition de la dyscalculie. Alarcon (1997) et al., Shalev et Gross Tsur (2001) ont révélé que près de la moitié des frères et sœurs d'enfants dyscalculiques sont eux-mêmes dyscalculiques.

- *Facteurs environnementaux*

L'environnement à la maison joue également un rôle majeur dans la dyscalculie.

- Lorsqu'un parent n'est pas sûr de lui en mathématiques, ses enfants manquent également de confiance (Young-Loveridges ; 1989).
- L'environnement familial favorise un comportement envers l'apprentissage des mathématiques (Hannel ; 2005).
- Considérer les mathématiques comme quelque chose de négatif à la maison affecte l'apprentissage des mathématiques chez les jeunes enfants (Anning et Edwards ; 1999).

- Les enfants issus de milieux socio-économiques défavorisés rencontrent également des difficultés dans l'apprentissage des mathématiques (Sammonset.al.2002).

XI. Compréhension contemporaine de la dyscalculie

Divers chercheurs et auteurs travaillant sur la dyscalculie et d'autres problèmes liés aux mathématiques ne sont pas encore parvenus à un accord sur de nombreux points, à commencer par la terminologie. Parmi les termes les plus couramment utilisés pour désigner la dyscalculie (en plus du terme ci-dessus qui est probablement le plus courant dans la littérature) sont : « trouble spécifique de l'acquisition de l'arithmétique » (utilisé par l'OMS), « trouble spécifique d'apprentissage en mathématiques » (utilisé par l'APA), et « problèmes avec les mathématiques » (Butterworth, 2018). Compte tenu de la variété des termes utilisés et de la confusion qu'elle peut causer, Butterworth (2018) propose deux perspectives sous lesquelles la dyscalculie peut être vue. Le premier point de vue est celui des autorités éducatives ou sociales, et le second point de vue est celui des professionnels, c'est-à-dire tous les profils qui travaillent dans le domaine de l'éducation et qui traitent de ce sujet. Différents systèmes éducatifs dans différents pays offrent différents types et niveaux de soutien aux élèves atteints de dyscalculie. Cela dépend de la politique éducative et sociale du pays, ainsi que des ressources que le système éducatif peut allouer pour faire face à des troubles spécifiques de l'apprentissage. Butterworth (2018) donne et compare les exemples de l'Italie, des États-Unis et de la Grande-Bretagne, où contrairement à l'Italie et aux États-Unis (qui ont reconnu la dyscalculie comme un trouble dans leur législation sur l'éducation et ont prévu certaines dispositions pour les élèves concernés), ils n'ont pas encore organisé de système efficace pour définir, identifier ou aborder ce problème. En Macédoine, au niveau de la loi sur l'enseignement primaire, la dyscalculie ainsi que d'autres problèmes d'apprentissage sont séparés et distingués des autres catégories de handicaps sous le nom de « difficultés spécifiques d'apprentissage » (Official Gazette of the Republic of North Macedonia n° 161/19 et 229/20). Cela signifie que l'approche du système éducatif et social du pays jouera un rôle majeur dans la définition de la dyscalculie. Le second point de vue est celui des professionnels, qui est mieux articulé dans les manuels de diagnostic tels que l'ICD (publication de l'OMS) et le DSM-5 (publication de l'APA). Ces manuels, qui sont

fréquemment révisés, tentent de catégoriser divers types de troubles/maladies en fonction des preuves scientifiques et de recherche, et servent d'outil de diagnostic à la fois en médecine et dans le domaine de l'éducation.

Cependant, même ces manuels rencontrent des problèmes et des difficultés pour définir ce qu'est la dyscalculie. Dans le DSM-5, le terme dyscalculie a été remplacé par le terme « problèmes en mathématiques » et relève de la catégorie des problèmes d'apprentissage (où la dyslexie se trouve également, mais sous le nom de « problèmes de lecture »). La définition fournie par le DSM-5 se lit comme suit : « Difficultés persistantes dans l'apprentissage des compétences académiques (dans ce cas, les mathématiques) qui dure plus de 6 mois malgré les interventions éducatives qui ciblent les difficultés elles-mêmes ». Des difficultés avec le sens du nombre, le calcul et le raisonnement mathématique persistent malgré l'absence : 1) d'un handicap intellectuel ; 2) d'une déficience visuelle ou auditive ; 3) de troubles mentaux (anxiété ou dépression) ; 4) de troubles neurologiques ; 5) de troubles psychosociaux ; 6) de difficultés linguistiques ; 7) d'un manque d'enseignement adéquat. Le problème que pose cette définition, comme l'écrit Butterworth (2018), est le fait que l'existence d'une déficience intellectuelle et de troubles neurologiques exclut la dyscalculie. Cela signifie que, par définition, un enfant atteint d'une déficience intellectuelle ne pourrait pas également être atteint de dyscalculie (ce qui est problématique, car la dyscalculie en tant que trouble est différente d'une déficience intellectuelle). De plus, la définition ne tient pas compte du fait que la dyscalculie peut être causée par des anomalies de la morphologie cérébrale et donc être un trouble neurologique en soi. La CIM 10 définit la dyscalculie (sous le nom de « trouble spécifique de l'acquisition de l'arithmétique ») comme un trouble spécifique dans les compétences arithmétiques qui ne peut pas être expliqué par une déficience intellectuelle ou un enseignement inadéquat. Le déficit concerne l'apprentissage des compétences arithmétiques de base telles que l'addition, la soustraction, la multiplication et la division, mais pas les compétences plus abstraites de l'algèbre, telles que la géométrie ou la trigonométrie. Cette définition peut être plus étendue, mais selon Butterworth (2018), elle rencontre les mêmes problèmes que celle fournie par le DSM-5. Ce ne sont là que quelques-uns des problèmes qui surviennent lorsque vous essayez de définir et de mesurer la dyscalculie. Voici quelques raisons qui expliquent ces difficultés : la clarification incomplète de l'étiologie, les difficultés à dissocier les troubles connexes fréquents tels que la dyslexie, le manque d'échantillons et de tests standardisés, ainsi que la

variété de la terminologie et des modèles théoriques liés à la dyscalculie. Cependant, au cours des dix dernières années, de nombreuses études sont apparues et ont contribué à déchiffrer le profil neuropsychologique, cognitif et comportemental de la dyscalculie et ont permis de tirer davantage de conclusions.

Plusieurs études montrent qu'il y a une relation étroite entre le fonctionnement des troubles du spectre de l'autisme et la dyscalculie (Mazzocco, Feigenson & Halberda, 2011 ; Wang, Sun, Zhou, 2016). Étant donné la fonction du trouble du spectre de l'autisme, il est compréhensible que des problèmes dans son fonctionnement entraînent des problèmes dans tous les processus connexes et dépendants tels que les opérations d'estimation, de comptage et d'arithmétique. Bien qu'il existe diverses pensées et spéculations sur ce qu'est réellement le trouble du spectre de l'autisme et sur son fonctionnement, plusieurs résultats expérimentaux de plusieurs études indiquent que le substrat neuropsychologique du trouble du spectre de l'autisme est situé dans le lobe pariétal, dans une structure anatomique appelée « sillon intrapariétal » dont les changements de structure ou de densité neuronale sont diversement liés à des difficultés de pensée mathématique ou de résolution de problèmes mathématiques (Bugden, Ansari, 2014). En termes d'étiologie, la science n'est pas entièrement d'accord sur le fait que ces changements anatomiques hypothétiques qui causent des problèmes en mathématiques sont le résultat de facteurs environnementaux, génétiques ou d'une combinaison de ceux-ci. Malgré cela, il existe des recherches qui pointent dans les deux directions (Geary, 1994 ; Dahan, 2011).

D'un point de vue cognitif, il convient de noter que ce qu'on appelle la cognition mathématique est le résultat de processus cognitifs plus divers qui ne peuvent pas être réduits uniquement à la compréhension du concept de nombre, mais qui comprennent également la compréhension des symboles numériques (graphiques ou verbaux), le décodage et l'interprétation des symboles pour les fonctions mathématiques (plus, moins, égal, etc.), l'acquisition du langage (en particulier les mots et les relations tels que moins ou plus qui ont une signification mathématique), l'attention ainsi que la mémoire à court terme et la mémoire de travail. Ainsi, une cognition mathématique efficace dépendrait de plusieurs processus qui, bien qu'intégrés, sont quand même spécifiques et un déficit dans l'un d'entre eux apporterait un certain type de problèmes en mathématiques (Luculano, 2016).

En ce qui concerne le profil cognitif de la dyscalculie, il est également important de mentionner que ce trouble est souvent associé à d'autres troubles tels que la dyslexie et le

TDAH, ce qui indique qu'il est possible que ces troubles soient au moins partiellement basés sur des déficits dans des processus cognitifs identiques ou similaires (Moura, Garcia & Lopes-Silva, 2020).

En ce qui concerne l'identification et l'évaluation de la dyscalculie dans un contexte préscolaire ou scolaire, le profil comportemental est plus important que le profil neuropsychologique ou cognitif. La dyscalculie ne vient pas avec un ensemble définitif de signes ou de symptômes, et les définitions dans les manuels de diagnostic ICD et DSM-5 reflètent cela. Cependant, des résultats plutôt solides ont été observés dans la littérature jusqu'à présent en ce qui concerne certaines particularités et caractéristiques des élèves atteints de dyscalculie en rapport avec leur pensée mathématique et leur fonctionnement. Par exemple, la subitisation d'un plus petit nombre et l'évaluation d'un nombre relativement plus grand d'objets. Avec la dyscalculie, des problèmes peuvent survenir dans une seule ou dans les deux compétences. Ces problèmes peuvent varier de « légers » à « sévères » (Ashkenazi, Mark-Zigdon, Henik, 2013). C'est particulièrement problématique lorsque l'enfant n'est pas en mesure de reconnaître le nombre d'un ensemble plus petit d'objets, ce qui indique une forme plus grave de dyscalculie. Ensuite vient le comptage. Des difficultés de comptage peuvent survenir lorsque les enfants n'ont pas appris le système de numération (verbal ou graphique) ou lorsqu'ils n'ont pas compris les principes sous-jacents au comptage. Dans tous les cas, lorsque des enfants ayant des difficultés doivent compter, des stratégies de comptage immatures ou inadéquates peuvent apparaître, telles que le fait de compter sur leurs doigts ou la sous-vocalisation, et peuvent nous indiquer que le processus n'est pas encore automatisé (Sarnecka, Carey, 2008). Les problèmes de comptage peuvent devenir évidents lorsque l'on demande aux enfants de compter à l'envers ou de compter par plusieurs nombres (par exemple, par 5) pour vérifier s'ils connaissent le mécanisme derrière la compétence. L'arithmétique peut être affectée par des problèmes mathématiques de la même manière. Lors de l'exécution d'opérations de base, des stratégies immatures et inadéquates apparaissent et prévalent chez les enfants, ce qui affecte leur vitesse, leur efficacité et leur précision. Ces problèmes sont parfois présents chez les enfants qui ne risquent pas d'avoir des problèmes en mathématiques sur le long terme. Les problèmes ne deviennent suffisamment importants pour l'évaluation et la détection que s'ils perturbent le travail mathématique global de l'élève à un degré supérieur (Sharma, 2014). Dans la littérature mathématique formelle, étant donné que les tâches de ce domaine sont

principalement écrites et expliquées, les problèmes des enfants atteints de dyscalculie deviennent plus facilement perceptibles. Les mauvaises procédures et stratégies utilisées deviennent plus évidentes et il peut être plus facile de découvrir le chemin que prend l'élève et le type d'erreur qu'il fait s'il le fait régulièrement (Geary, 1994). L'un des problèmes les plus négligés, mais pas des moindres, est le problème de la valeur de position qui, pour les enfants atteints de dyscalculie, est assez difficile, car cela nécessite une compréhension complète du symbolisme des nombres et des règles de classement, ainsi que du concept de nombre (Emerson, 2014). En plus de la valeur de position, il existe d'autres compétences telles que la décomposition ou la résolution de problèmes écrits. Ces compétences peuvent ne pas être au centre de l'évaluation de la dyscalculie, mais jouent toujours un rôle très important et fournissent une image complète du fonctionnement mathématique de l'élève. Dans l'ensemble de la littérature, les spécialistes ont plusieurs fois tenté de catégoriser la dyscalculie en sous-groupes en partant de différentes hypothèses. Exemple de système de catégorisation qui fournit 7 types de dyscalculie :

- **La dyscalculie verbale** se caractérise par une difficulté à acquérir des expressions et une terminologie mathématiques. Parmi ce type de dyscalculie se trouvent également la dyscalculie sensorielle-verbale et la dyscalculie motrice-verbale.
- **La dyscalculie practognosique** est caractérisée par des difficultés à manipuler des objets réels ou dessinés, à mesurer les quantités et à reconnaître les caractéristiques spatiales. Dans ce type de dyscalculie, les compétences impliquées dans la géométrie sont également touchées.
- **La dyscalculie lexicale** se traduit par des difficultés à lire des symboles mathématiques, à une désorientation dans l'espace, à une substitution de chiffres similaires, à une lecture incorrecte de nombres à plusieurs chiffres. Ce type de dyscalculie est souvent associé à la dyslexie.
- **La dyscalculie graphique** se traduit par une difficulté à écrire des symboles mathématiques. Par exemple, écrire des nombres dans la direction opposée, omettre, transposer, ajouter des nombres et mal orthographier des caractères. Une personne atteinte de ce type de dyscalculie peut avoir du mal à résoudre des tâches arithmétiques écrites.
- **La dyscalculie spatiale** se caractérise par des difficultés dans l'organisation spatiale

de l'écriture des nombres.

- **La dyscalculie idéognostique** se caractérise par des difficultés à effectuer des calculs mentaux et à comprendre des concepts mathématiques. La personne ne comprend pas les principes et la logique des différentes opérations, procédures ou stratégies mathématiques.
- Enfin, **l'acalculie** est une variante de la dyscalculie, mais comprend un problème avec le comptage. Les erreurs se manifestent par le remplacement d'une opération par une autre, l'incapacité à effectuer des opérations de calcul de base ou l'utilisation de stratégies inadéquates et immatures (Karovska Ristovska, Kardaleska & Ajdinski, 2016).

XII. La dyscalculie à l'école

Selon les estimations, environ 6 % de l'ensemble de la population est atteinte de dyscalculie (Wong, Ho & Tang, 2015). Bien que moins répandue que la dyslexie, la dyscalculie pose un défi à tout système éducatif, surtout si l'on considère qu'elle constitue un facteur de risque pour d'autres problèmes plus tard dans la vie, tels que les problèmes de santé mentale ou un statut socio-économique inférieur (Butterworth, Varma et Laurillard, 2011).

Bien que son importance soit souvent reconnue, les auteurs travaillant sur ce sujet s'accordent généralement à dire qu'étant donné que la recherche sur la dyscalculie n'est qu'à ses débuts et compte tenu du manque d'harmonisation de la terminologie et de la pratique, ainsi que de l'insuffisance des connaissances des professionnels travaillant avec les élèves concernés, les systèmes éducatifs ne parviennent que très rarement à traiter ce problème avec succès (Butterworth, 2018). Par exemple, des études menées au Portugal (Sousa, Dias & Cadime, 2016) montrent que mis à part les éducateurs spécialisés, les enseignants ne connaissent pas bien le trouble, ni les méthodes d'évaluation ou les interventions.

Les mêmes raisons qui font qu'il est difficile de s'entendre sur la définition de la dyscalculie expliquent la diversité des instruments conçus pour l'évaluation scolaire. Dans toute la littérature, il est possible de trouver divers tests, entretiens ou autres formes d'évaluation

qui varient selon le point de départ de l'auteur (quelle caractéristique est la plus révélatrice de tel ou tel problème). Ashlock (2015) a écrit à propos de l'évaluation approfondie, qui est basée sur un suivi approfondi du processus de raisonnement de l'élève pendant qu'il résout la tâche. D'autres auteurs se concentrent davantage sur les erreurs commises lors de la résolution d'un test et sur ce qu'elles peuvent révéler en termes de performance mathématique de l'élève (Meier, McCaskey & Kucian, 2021). Bien sûr, des tests approfondis et individuels ne sont pas efficaces en matière de temps, et dans le contexte de l'enseignement général, il est souvent optimal d'utiliser des tests d'évaluation qui peuvent être administrés plus rapidement à une population plus large. Par exemple, le test de Liz Weaver, qui est un outil de dépistage (Karovska Ristovska, Kardaleska, Ajdinski & Shurbanovska, 2018). En outre, Ladislav Kosh, l'auteur du terme dyscalculie lui-même, a créé une batterie de tests qui étudient différents traits mathématiques chez les enfants et qui peuvent être utilisés pour évaluer la population scolaire (Karovska Ristovska, Kardaleska, Ajdinski & Shurbanovska 2018).

Le point final de l'évaluation est l'intervention éducative elle-même. Les évaluations et les interventions éducatives dans ce domaine sont également très diverses, ce qui s'explique par les différents degrés et la nature des difficultés rencontrées individuellement par tous les élèves concernés. Parmi les conclusions auxquelles les chercheurs sont parvenus dans ce domaine, on peut citer le fait que l'intervention doit commencer tôt (c'est-à-dire dès la période préscolaire) et qu'elle doit cibler les difficultés individuelles, ce qui signifie qu'elle doit être adaptée aux difficultés spécifiques de chaque cas. Elle doit également être menée par des spécialistes formés et ne doit pas négliger les difficultés connexes, telles que la dyslexie (Haberstroh, Schulte-Korne, 2019). D'autres stratégies d'intervention concernant la dyscalculie mettent l'accent sur l'importance du style d'apprentissage de l'élève. En fonction du style de chacun, il est également recommandé d'adopter une approche inductive, qui vise davantage à énoncer des questions spécifiques, à utiliser des exemples spécifiques et à présenter ses découvertes, et une approche déductive visant à mettre l'accent sur le principe de base de la pensée mathématique, à énoncer les règles et à démontrer comment les règles conduisent à l'exemple spécifique (Karovska Ristovska, Kardaleska, Ajdinski & Shurbanovska 2018).

Outre les attitudes, les compétences et les connaissances en matière de dyscalculie et de pensée mathématique des élèves chez les enseignants et les divers professionnels impliqués dans l'enseignement, le cadre du système éducatif joue également un rôle important dans la gestion des divers problèmes posés spécifiquement par ce trouble et, de manière générale, par les difficultés d'apprentissage. Geary (1994) explique comment différents systèmes éducatifs, par le biais de leur théorie et de leur pratique, aboutissent à des résultats différents en termes de réussite mathématique des élèves. Certains auteurs favorisent des systèmes qui mettent l'accent sur une plus grande intensité de répétition et de pratique, tandis que d'autres mettent l'accent sur des philosophies éducatives qui visent à inculquer aux élèves les principes de base qui sous-tendent la pensée mathématique. Bien que l'on puisse dire que le débat sur cette question n'est pas encore complètement clos, il est clair que le traitement de la dyscalculie, depuis la détection précoce jusqu'à l'intervention personnalisée, est un problème lié au contexte éducatif global et ne peut être considéré isolément.

Une autre manière d'avoir une perspective différente sur la dyscalculie est de découvrir les témoignages de ceux qui en font directement l'expérience. Bien que la dyscalculie bénéficie d'une moins grande visibilité et d'un profil médiatique moins important que la dyslexie, certaines monographies détaillant les problèmes et les défis des personnes directement concernées ont récemment été publiées. L'une de ces œuvres est *My Thirteenth Winter*, un mémoire de l'auteure Samantha Abeel. Il s'agit d'une ressource unique et importante qui offre une perspective différente sur ce trouble et qui, si elle est utilisée correctement, permettra d'améliorer la compréhension du trouble et donc le lien entre l'élève et son environnement d'une part, et les professionnels et les services d'autre part.

Partie II

Étude

Situation et phase de test en Belgique

Les pratiques et la situation en Belgique

État de la situation

Il n'existe pas de données ni d'estimations officielles sur le pourcentage de citoyens dyscalculiques en Belgique. Diverses études ont cependant été réalisées, chacune couvrant un groupe d'âge différent ou une région différente. Quoiqu'il en soit, les pratiques restent vagues et décentralisées. Cependant, la principale voie d'évaluation reste les CPMS (centres psycho-médico-sociaux), qui accompagnent les élèves présentant des troubles de l'apprentissage. Selon les données recueillies par le gouvernement belge en 2014-2015, ces centres ont accompagné 44 000 jeunes jusqu'à 21 ans, présentant des problèmes spécifiques, parmi lesquels se trouvent les troubles de l'apprentissage (<https://www.infosante.be/guides/troubles-de-l-apprentissage>). 10 à 15 % des élèves présentent des difficultés en mathématiques, alors que 3 % d'entre eux souffrent des formes avancées de dyscalculie (<https://www.infosante.be/guides/troubles-de-l-apprentissage>). Cela permet d'estimer que jusqu'à 15 % des élèves (jusqu'à 21 ans) pourraient souffrir d'anxiété liée aux mathématiques et 3 % de dyscalculie, sans tenir compte des différents groupes d'âge. Toutefois, ces chiffres doivent être interprétés dans le contexte d'une législation existante.

Bonnes pratiques

- Diagnostic et évaluation

Lorsque les parents soupçonnent des difficultés d'apprentissage chez leur enfant, celui-ci doit être dirigé vers un spécialiste qui peut faire la distinction entre les difficultés temporaires, l'anxiété et les problèmes permanents. Un enfant qui a du mal à apprendre peut à un moment donné avoir un déclencheur et débloquer son apprentissage.

Il est donc nécessaire de commencer par poser le bon diagnostic afin de faire la différence entre les troubles de l'apprentissage et les difficultés, mais aussi d'écarter d'autres causes. La première chose à faire est de consulter un neuropédiatre. En Belgique, c'est lui qui guidera les démarches et commencera par écarter les autres causes possibles en se référant, par exemple, à un ophtalmologiste ou à un ORL pour écarter les problèmes d'audition. Le neuropédiatre prescrira également une évaluation par un orthophoniste ou des tests neuropsychologiques.

- À l'école

En Belgique, la plupart des élèves ayant des troubles de l'apprentissage sont scolarisés dans l'enseignement ordinaire. Pour ceux dont les difficultés sont trop graves, il existe un enseignement spécialisé appelé enseignement « de type 8 ». Auparavant, ce type d'enseignement n'était disponible que pour les écoles primaires, puis les élèves devaient retourner dans l'enseignement secondaire ordinaire, mais avec des dispositions spéciales mises en place. Cependant, depuis 2019, ce type d'enseignement est également disponible dans les écoles secondaires spécialisées de forme 3 (visant à obtenir un certificat de qualification).

La Belgique a ratifié la Convention des Nations Unies relative aux droits des personnes handicapées en 2009. Sur la base de cette ratification et sur la base de la législation anti-discrimination belge, tout élève en situation de handicap (handicap physique, sensoriel, intellectuel, d'apprentissage ou de comportement, maladie chronique) a droit à des aménagements raisonnables en matière d'enseignement.

Le décret « Aménagements raisonnables » du 7 décembre 2017 impose aux écoles ordinaires de procéder à des aménagements raisonnables pour l'élève à besoins spécifiques dès lors que sa situation ne rend pas indispensable sa prise en charge par l'enseignement spécialisé.

Outre ce levier d'« aménagement raisonnable », le Ministère de l'éducation a également mis en place deux autres systèmes pour soutenir les élèves ayant des difficultés d'apprentissage : le Plan individuel d'apprentissage et le Pass Inclusion.

Selon le décret du 3 mars 2004 organisant l'éducation spécialisée, le Plan individuel d'apprentissage (PIA) est un outil méthodologique élaboré pour chaque élève et adapté tout au long de la scolarité de l'élève par le Conseil de classe, sur base des observations et des données fournies par les différents acteurs : l'élève et ses parents, l'équipe pédagogique, le centre PMS, le personnel en charge de la remédiation, l'enseignant de remédiation, les thérapeutes. Le PIA contient les objectifs spécifiques que l'élève doit atteindre au cours d'une période donnée. Le PIA est donc un outil dynamique en constante évolution qui suit l'élève tout au long de sa scolarité (primaire et secondaire). Il donne à chaque équipe un

aperçu des progrès de l'élève, du travail accompli, des projets en cours et de ceux à poursuivre.

Le Pass Inclusion est un droit qui peut être activé pour tout apprenant présentant un trouble d'apprentissage avéré. Le Pass Inclusion accompagne l'élève afin d'optimiser son insertion dans l'école en lui permettant d'avoir accès à des équipements adaptés à ses besoins. L'objectif principal de ce pass est de favoriser l'échange d'informations entre l'élève, ses parents, l'équipe pédagogique, le centre PMS et l'équipe pluridisciplinaire de spécialistes concernés par les besoins spécifiques d'un élève et ainsi lui permettre de mieux adapter son environnement (scolaire et familial) afin qu'il puisse progresser dans son apprentissage et se développer au maximum. C'est un outil proposé aux adultes qui accompagnent la scolarisation des élèves atteints de troubles de l'apprentissage.

Phase de test

Description du test

Nous avons conçu ce test en tenant compte des entretiens que nous avons eus avec des professionnels (un orthophoniste et un coach scolaire). Les entretiens avec les orthophonistes nous ont fourni du contenu qui nous a aidé à déterminer les domaines qu'il serait intéressant de tester pour voir si les élèves interrogés avaient de réelles difficultés en mathématiques.

Comment ce test a-t-il été mené ?

Le test a été présenté à un total de 27 enfants, dont certains bénéficiaient d'un coaching scolaire et d'autres se trouvaient en internat. La dyscalculie a été diagnostiquée chez 5 de ces élèves.

Le test a commencé par une conversation informelle entre l'examineur et l'élève, au cours de laquelle l'examineur se positionne de manière à ne pas causer d'anxiété ou de détresse inutile. L'élève est informé que le test n'est pas noté et qu'il est présenté comme un jeu ou une activité intéressante.

Le test est destiné aux élèves de l'enseignement primaire et évalue les compétences mathématiques de base ainsi que le comportement quotidien et les difficultés liées aux mathématiques. Il contient 3 sections : exercices mathématiques ; auto-évaluation du test à

travers un ensemble de questions ; et auto-évaluation des tâches quotidiennes en dehors de l'école (ciblant les enfants dyscalculiques) à travers un ensemble de questions.

Le test contient 10 sections différentes, chacune contenant entre 1 et 2 exercices, à l'exception des sections de questionnaire, qui contiennent entre 4 et 6 questions à remplir par l'élève. Les différents domaines évalués sont :

❖ **La soustraction**

L'exercice contenait 5 soustractions.

❖ **La lecture de nombres**

L'exercice consistait à écrire numériquement des nombres écrits en lettres.

❖ **La monnaie**

Parmi 3 images, dont deux de billets de banque et une de pièces de monnaie, l'élève devait sélectionner celle contenant les pièces.

❖ **L'addition**

▪ Exercice 1

Les élèves ont dû résoudre 5 additions.

▪ Exercice 2

Les élèves ont dû effectuer un calcul et obtenir 10 comme réponse.

❖ **Acheter un cadeau**

Les élèves ont reçu la consigne suivante : « Vous allez dans un magasin pour acheter un cadeau pour votre ami. Vous avez deux billets : un de 10 euros et un de 5 euros. Quel cadeau pouvez-vous acheter à votre ami ? » Ils ont ensuite dû choisir quel objet ils pouvaient acheter, parmi différentes images sur lesquelles le prix indiqué.

Certains élèves ont eu du mal avec le fait de d'abord devoir additionner le montant des deux billets en leur possession. Le taux de réussite de cet exercice est de 74 %.

❖ **Choisir les nombres**

- Exercice 1

L'élève devait sélectionner les nombres supérieurs à 9 dans une liste de nombres.

- Exercice 2

Cette fois, l'élève devait sélectionner les nombres inférieurs à 20 dans une liste de nombres.

- ❖ **Trouver les nombres cachés**

Les élèves devaient trouver les nombres manquant dans une ligne mélangeant chiffres, symboles et lettres, et les recopier.

- ❖ **Lire l'heure**

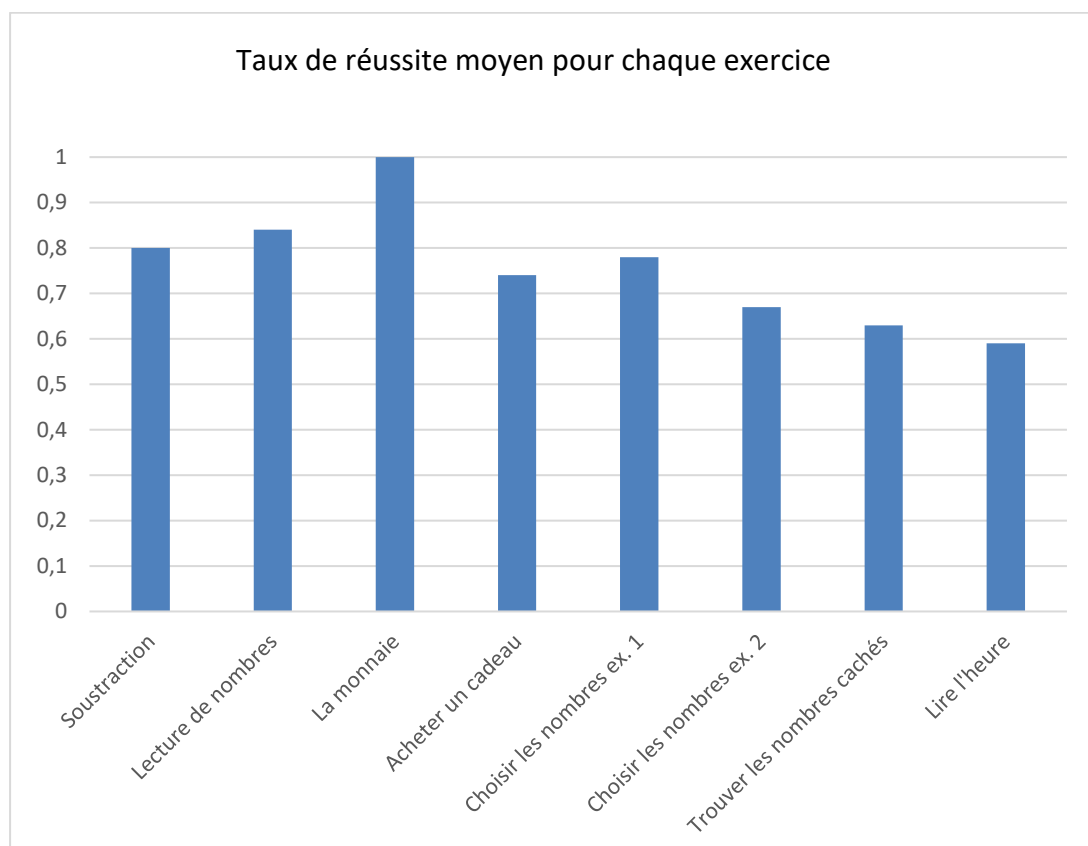
Nous avons présenté une image d'horloge aux élèves, qui ont dû choisir l'heure correcte parmi 3 propositions.

Résultats

En observant les enfants et en discutant avec eux pendant les exercices, nous avons pu observer que le plus jeune d'entre eux n'avait pas encore acquis toutes les compétences en matière de calcul. Nous avons également remarqué que les élèves étaient plus stressés lorsqu'ils étaient confrontés à des exercices comprenant des calculs supérieurs à dix. Ces exercices avaient le taux de réussite le plus faible. Les erreurs sont beaucoup plus fréquentes lorsque l'addition entraîne un changement de dizaine, ce qui perturbe les nombreux enfants qui ont encore le réflexe d'utiliser leurs doigts pour calculer. Les jeunes enfants qui ne maîtrisaient pas encore pleinement le changement de dizaines ont davantage échoué.

Étant donné que les « amis de 10 » sont généralement étudiés assez rapidement en classe, la plupart des élèves étaient davantage sûrs d'eux pour réaliser cet exercice une fois que l'examineur avait reformulé la déclaration avec le terme « amis de 10 ». De plus, les élèves ont reçu des propositions de réponses, ce qui les a aidé à se sentir plus sûrs d'eux. Cet exercice avait également un taux de réussite plus élevé que les autres. Certains enfants avaient besoin que l'enseignant reformule certains mots utilisés dans les exercices. Changer les mots utilisés pour des mots plus compréhensibles semblait aider de nombreux enfants d'enfants à faire face à leurs tâches.

Le taux de réussite moyen de chaque exercice est indiqué dans le tableau ci-dessous.



❖ Questions à propos du test

- Quelle a été la chose la plus difficile pour toi dans ce test ?

Les réponses sont assez variées, mais on peut tout de même observer une occurrence pour 2 réponses en particulier :

- Effectuer des calculs : 8/27
- Lire l'heure : 5/27

- Aurais-tu préféré faire ce test à l'école avec ton professeur ?

La plupart des élèves ont répondu « non », avec un taux de 16/27. Le reste des réponses est réparti entre « oui » avec 6/27 et « peu m'importe » avec 5/27.

- As-tu eu l'impression d'avoir assez de temps pour réfléchir à toutes les questions ?

Comme nous n'avons pas fixé de limite de temps, la plupart des élèves (24/27) ont répondu « oui ». Pour les trois élèves restant, il s'agissait plutôt de vouloir réduire le temps du test plutôt que le manque de temps pour l'effectuer.

- Quel exercice as-tu préféré ?

Exercice	Réponses	Pourcentage
Soustractions	0	0 %
Lire les nombres	0	0 %
La monnaie	3	11,1 %
Additions	3	11,1 %
« Les amis de 10 »	16	59,2 %
Acheter un cadeau	1	3,7 %
Nombres plus grands	2	7,4 %
Nombres plus petits	0	0 %
Nombres cachés	0	0 %
Lire l'heure	2	7,4 %

❖ Questions à propos des mathématiques

- Est-ce que lire l'heure est difficile pour toi ?

Fréquence	Réponses	Pourcentage
Toujours	7	25,9 %
Souvent	13	48,1 %
Parfois	5	18,5 %
Jamais	2	7,4 %

- Comptes-tu sur tes doigts ?

Fréquence	Réponses	Pourcentage
Toujours	8	29,6 %
Souvent	11	40,7 %
Parfois	5	18,5 %
Jamais	3	11,1 %

- Fais-tu des erreurs lorsque tu dois écrire les chiffres énoncés par ton professeur ou tes parents ? Et lorsque tu les copies à partir du tableau dans la classe ?

Fréquence	Réponses	Pourcentage
Toujours	2	7,4 %
Souvent	5	18,5 %
Parfois	15	55,5 %
Jamais	5	18,5 %

- Te sens-tu à l'aise dans un nouvel environnement ? Te souviens-tu facilement de ton chemin ?

Fréquence	Réponses	Pourcentage
Toujours	4	14,8 %
Souvent	9	33,3 %
Parfois	11	40,7 %
Jamais	3	11,1 %

- Te sens-tu à l'aise lorsque tu dois acheter des choses seul dans un magasin ? Sais-tu compter la monnaie correctement ?

Fréquence	Réponses	Pourcentage
Toujours	4	14,8 %
Souvent	7	25,9 %
Parfois	10	37 %
Jamais	6	22,2 %

- Aimes-tu les maths à l'école ?

Fréquence	Réponses	Pourcentage
Toujours	6	22,2 %
Souvent	8	29,6 %
Parfois	7	25,9 %
Jamais	6	22,2 %

En résumé, nous avons remarqué que de nombreux enfants rencontraient des problèmes avec les tâches quotidiennes, comme compter la monnaie et lire l'heure. Environ 70 % des élèves utilisent souvent leurs doigts pour compter. Les réponses à la question « Aimes-tu les maths à l'école ? » sont très diverses. Environ la moitié des enfants ont dit qu'ils aiment toujours les mathématiques ou du moins souvent, mais beaucoup d'élèves ont répondu qu'ils n'aimaient jamais les mathématiques à l'école.

XIII. Conclusions du test réalisé en Italie

Compte tenu de la diversité de la population scolaire, il est difficile d'obtenir des résultats concluants sur un échantillon d'élèves aussi restreint. Cependant, nous pouvons voir que les difficultés en mathématiques ont plusieurs causes. En effet, pour certains élèves, les difficultés prennent leurs origines dans leur histoire psycho-affective. Les élèves sont parfois bloqués par des difficultés au début de leur apprentissage des mathématiques. Mettre des mots sur leurs angoisses et leurs difficultés peut parfois aider à améliorer la situation d'apprentissage. Certains élèves ont du mal à comprendre le vocabulaire mathématique ou l'abstraction que les calculs représentent pour eux. Lors de nos tests, nous avons constaté que les élèves réussissaient plus facilement les exercices présentés lorsqu'ils comptaient sur leurs doigts ou lorsque l'on reformulait l'intitulé de l'exercice. Nous constatons cependant qu'en dépit des difficultés rencontrées, peu d'élèves sont réellement rebutés par l'apprentissage des mathématiques, car de plus en plus d'enseignants sont formés ou au moins informés sur les différents troubles de l'apprentissage et diversifient désormais les parcours d'apprentissage.

XIV. Conclusions du test réalisé en Macédoine du Nord

La dyscalculie et les problèmes en mathématiques sont des troubles complexes qui échappent à une classification, une détection ou une intervention simple et immédiate. Tant qu'il y aura des questions ouvertes dans le domaine de la cognition numérique, qui est peut-être l'un des domaines les plus complexes de la psychologie cognitive ou de la psychologie en général, il y aura aussi des problèmes dans l'explication théorique de la dyscalculie. Par conséquent, il y aura également des difficultés à établir une définition, une terminologie harmonisée et un traitement de la dyscalculie dans un contexte éducatif.

Cela ne signifie pas qu'au cours des dernières décennies, la science n'a pas réussi à comprendre et à traiter la dyscalculie. Grâce à un intérêt scientifique plus intense et à l'accumulation des expériences des professionnels qui travaillent avec des élèves confrontés à ce problème, des connaissances plus approfondies ont été acquises sur la manière dont les élèves apprennent les mathématiques, sur les problèmes auxquels ils s'attendent le plus souvent et sur les moyens de percevoir et d'améliorer les défis auxquels ils sont confrontés.

Des caractéristiques plus cohérentes ont été reconnues en termes de performances en mathématiques chez les élèves à risque. Les hypothèses de ce test ont été formulées dans ce sens. Bien que la recherche ait été limitée par le nombre de répondants et le contrôle des variables pertinentes, certaines des hypothèses fondées sur une littérature plus large ont été confirmées.

Tout ceci illustre la complexité de l'évaluation d'une population scolaire, compte tenu de la grande variabilité et de la diversité qui caractérisent tout contexte éducatif. Il est ainsi possible d'aborder le recueil systématique et continu d'informations sur le travail mathématique des élèves dans le but de prendre des décisions éclairées concernant le contenu et la manière de l'enseigner.

*Recommandations et adaptations pour les institutions
publiques en Belgique*

Recommandations générales

- Interventions de dépistage précoce

Il est important de promouvoir les dépistages précoces pour identifier les cas potentiels de troubles spécifiques de l'apprentissage, afin de prévenir les complications secondaires dans le domaine de l'apprentissage. Les interventions précoces des enseignants facilitent grandement l'inclusion scolaire de l'élève atteint de dyscalculie. En fait, bien que la dyscalculie ne puisse être éliminée par un traitement médical, elle n'empêche pas l'enfant de s'améliorer et de réussir à l'école ou au travail.

- Enseignement personnalisé

Il est essentiel de former le personnel enseignant dont la tâche est de gérer l'élève en classe et de mettre en œuvre le plan individuel d'apprentissage (PIA). Une fois le diagnostic posé, l'établissement d'enseignement, en collaboration avec la famille de l'enfant, peut et doit élaborer un plan d'apprentissage individualisé et personnalisé. L'objectif est de renforcer les capacités de l'élève. L'utilisation de stratégies compensatoires est au cœur des plans d'enseignement de l'inclusion, qui grâce à certains outils (calculatrice, table de Pythagore, utilisation d'ordinateurs, etc.), peuvent améliorer les compétences mathématiques et de calcul de l'enfant.

- Méthodes didactiques accessibles

Nous devons garantir le droit à l'éducation, favoriser la réussite scolaire et garantir l'accès aux mesures didactiques de soutien. Tous les élèves devraient avoir la possibilité de se développer sur le plan personnel et de réduire leurs inconforts relationnels et émotionnels.

Adaptations du contenu et des notes de cours

- Accepter tous les supports et aides possibles (calculatrice, cartes d'aide, logiciel adapté, comptage sur les doigts, tables de multiplication, tables d'addition) ;
- Permettre aux élèves de réaliser des manipulations concrètes (cubes, bâtons, etc.) ;
- Proposer différents modes de représentation : matériaux, chiffres arabes, fractions, images, explications orales, etc. ;

- Fournir le contenu de cours écrit dans une police appropriée (Arial, Opendyslexic) et de taille raisonnable (12, 13 ou 14 avec un espacement de 1,5 et un texte non justifié) ou fournir une version électronique à utiliser avec un logiciel adéquat ;
- Fournir un cours aéré et unilatéral avec des graphiques, des tableaux et des diagrammes agrandis et laisser suffisamment d'espace pour les calculs ou les dessins de figures ;
- Mettre des dessins pour faciliter la compréhension des situations problématiques ;
- Faire le lien avec la vie quotidienne : compter les objets du quotidien, faire bouger l'élève (cuisine, jardinage) ;
- Demander à l'élève de verbaliser la tâche ;
- Éviter une quantité inutile d'informations non pertinentes sur le contenu de cours.

Adaptations pour les évaluations

- Évaluer la réponse finale, le processus de calcul, et accepter plusieurs façons de raisonner ;
- Permettre l'utilisation d'aides qui ont été utilisées dans l'apprentissage et les exercices ;
- Prévoir du temps supplémentaire.

Exemples d'outils

- Abaques ;
- Glossaire ;
- Fiche de procédure ;
- Cartes mentales ;
- Table de Pythagore ;
- Calculatrice ;
- GeoGebra.

Références

1. Каровска Ристовска, А., Кардалеска, Љ. & Ајдински, Г. (2016) Специфични потешкотии во учењето — Дислексија, дисграфија, дискалкулија и диспраксија. Филозофски факултет Скопје.
2. Каровска Ристовска, А., Кардалеска, Љ. & Ајдински, Г., Шурбановска, О. (2018) Проценка и стратегии за работа со ученици со дислексија, дисграфија, дискалкулија и диспраксија. Филозофски факултет Скопје.
3. Службен весник на Република Северна Македонија, бр. 161/19 и 229/20
4. Ashkenazi, S., Mark-Zigdon, N. & Henik, A. (2013). Do subitizing deficits in developmental dyscalculia involve pattern recognition weakness? *Developmental Science* 16 (1), 35-46.
5. Dr. T.Nagavalli (2015) A study of dyscalculic primary school children in salem district and evaluation of applicability of innovative strategies as remedial measures - Sri Sarada College of Education
6. Ashlock, R. (2014) Deep diagnosis, focused instruction, and expanded math horizons. *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*. Routledge.
7. Baillargeon, R. Li, J., Gertner, Y. & Wu, D. (2011). How do infants reason about physical events? U. Goswami (Ed.), *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development*. Wiley-Blackwell.
8. Bugden, S. Ansari, D. (2014). How can cognitive developmental neuroscience constrain our understanding of developmental dyscalculia? Steve Chinn (Ed.) *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*. Routledge.
9. Butterworth, B., Varma, S. & Laurillard, D. (2011). *Dyscalculia: From brain to education*. *Science* 332, 1049-1053.
10. Butterworth, B. (2018). *Dyscalculia: From Science to Education*. Routledge.
11. Chen, L. Bae, S., R., Battista, C. et al (2018). Positive attitude toward math supports early academic success: Behavioral evidence and neurocognitive mechanisms. *Psychological Science* 29 (3), 390-402.
12. Dahan, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics* (Rev. and updated ed.), Oxford University Press.
13. Dickhauser, O., Meyer, W. (2006) Gender differences in young children's math ability attributions. *Psychology Science* 48 (1), 3-16.

14. Emerson, J. (2010). *The Dyscalculia Assessment*. Continuum International Publishing Group.
15. Emerson, J. (2014). The enigma of dyscalculia. Steve Chinn (Ed.) *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*. Routledge.
16. Feigenson, L., Dahan, S. & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in cognitive sciences* 8 (7), 307-314.
17. Geary, D. C., Hoard, M. K. (2005). Learning disabilities in arithmetic and mathematics: Theoretical and empirical perspectives. J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition*. Psychology Press.
18. Geary, D. C. (1994). *Children's mathematical development: Research and practical applications*. American Psychological Association.
19. Gelman, R. Galistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Harvard University Press.
20. Haberstroh, S., Schulte-Körne, G. (2019). The diagnosis and treatment of dyscalculia. *Deutsches Arzteblatt International* 116 (7), 107-114.
21. Hannula-Somunen, M.M. (2014). Spontaneous focusing on numerosity and its relation to counting and arithmetic. Roi Kohen – Cadosh, Ann Dowker (Ed.), *The Oxford handbook of numerical cognition*. Oxford University Press.
22. Hyde, J., Lindberg, S. & Williams, C. (2008). Gender similarities characterize math performance. *Science* (321) 5888, 494-495.
23. Luculano, T. (2016). Neurocognitive accounts of developmental dyscalculia and its remediation. *Progress in Brain Research* 227, 305-333.
24. Lee, C., Johnson-Wilder, S. (2014). Mathematical resilience: What is it and why is it important? *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*. Routledge.
25. Mazzocco, M. M., Feigenson, L. & Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child development* 82 (4), 1224-1237.
26. Meier, P., McCaskey, U. & Kucian, K. (2021). Typical errors made by children and adolescents with developmental dyscalculia. *Lernen und Lernstörungen* 10 (3), 135- 150.
27. Moore, A., McAuley, A., Allred, G. & Ashcraft, M. (2014). Mathematics anxiety, working memory, and mathematical performance. Steve Chinn (Ed.) *The Routledge international*

handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties. Routledge. Moura, R., Garcia, S. & Lopes-Silva, J. B. (2020). Developmental dyscalculia: Nosological status and cognitive underpinnings. Sandro Misciagna (Ed.) Learning disabilities – Neurological bases, clinical features and strategies of intervention. IntechOpen.

28. Mutlu, Y. (2019). Math anxiety in students with and without math learning difficulties. *International electronic journal of elementary education* 11 (5), 471-475.

29. Piaget, J. (1952). *The child's conception of number*. Routledge & Paul.

30. Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A., N. et al (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition* 116 (1), 33-41.

31. Ratner, B. (2009). The correlation coefficient: Its values range between +1/-1, or do they? *Journal of targeting, measurement, and analysis for marketing* 17 (2), 139-142.

32. Reeve R. A., Gray, S. (2014). Number difficulties in young children. Steve Chinn (Ed.) *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*. Routledge.

33. Rosselli, M., Ardila, A., Matute, E. & Inozemtseva, O. (2009). Gender differences and cognitive correlates of mathematical skills in school-aged children. *Child Neuropsychology* 15 (3). 216-23.

34. Sarnecka, B. Carey, S. (2008). How counting represents number: What children must learn and when they learn it? *Cognition* 108 (3), 662-674.

35. Sharma, M. (2014). Numbersense: A window into dyscalculia and other mathematics difficulties. Steve Chinn (Ed.) *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*. Routledge.

36. Sousa, P., Dias, P. & Cadime, I. (2017). Predictors of primary school teachers' knowledge about developmental dyscalculia. *European Journal of Special Needs Education* (32) 2, 21-46.

37. Van Marle, K. (2015). Foundations of the formal number concept: How preverbal mechanisms contribute to the development of cardinal knowledge. David C. Geary, Daniel B. Berch, Kathleen Mann Koepke (Ed.), *Evolutionary origins and early development of number processing*. Elsevier Academic Press.

38. Wang, L., Sun, Y. & Zhou, X., (2016). Relation between approximate number system acuity and mathematical achievement: The influence of fluency. *Frontiers in Psychology*

1966 (7), 1-9.

39. Wong, T., Ho, S. & Tang, J. (2015). Defective number sense or impaired access? Differential impairments in different subgroups of children with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities* 50 (1), 49-61.

40. Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature* 359, 749-75.



La publication et la recherche "Early school detection of dyscalculia and math anxiety" ont été préparées dans le cadre du projet "Courses for parents of children with dyscalculia" financé par l'Union européenne par l'intermédiaire de l'Agence nationale pour les programmes éducatifs européens et la mobilité dans le cadre du programme Erasmus +.

Le projet est financé par l'Union européenne par l'intermédiaire de l'Agence nationale pour les programmes éducatifs européens et la mobilité dans le cadre du programme Erasmus+.