

L'évaluation approfondie des difficultés d'apprentissage des mathématiques

Anne Lafay and Marie Christel Helloin

Volume 7, May 2020

L'approche de la réponse à l'intervention et la prévention des difficultés d'apprentissage à l'école

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1070385ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1070385ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Université Laurentienne

ISSN

1920-6275 (print)

1929-8544 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Lafay, A. & Helloin, M. (2020). L'évaluation approfondie des difficultés d'apprentissage des mathématiques. *Enfance en difficulté*, 7, 107–130. <https://doi.org/10.7202/1070385ar>

Article abstract

Learning disabilities in mathematics (in 1 to 10% of school children) cover a broad range of specific difficulties and represent a major handicap for academic achievement, social and professional integration. The response-to-intervention model is centred on the prevention of learning difficulties and the differentiation of remedial interventions. One component of this approach is the assessment of the mathematical skills. The aim of this article is to present a systematic approach to assess mathematical skills in order to highlight the child's strengths and weaknesses and provide relevant information for guiding a remedial intervention. We present: 1) a short critical synthesis of the tools available to professionals for assessing mathematical skills and their psychometric properties; 2) an approach for the assessment of mathematical and cognitive skills; and 3) a case study.



L'évaluation approfondie des difficultés d'apprentissage des mathématiques

Anne Lafay¹ et Marie Christel Helloin²

¹Université Laval et ²Université de Rouen

Introduction

Modèle de réponse à l'intervention

Le modèle de réponse à l'intervention (RàI) (Fuchs et Vaughn, 2012; National Center on Response to Intervention, NCRTI; Ravthorn, 2008; Wixson, Lipson et Valencia, 2013) est un cadre d'organisation de services actuellement mis en place aux États-Unis et au Canada pour identifier et soutenir les élèves qui rencontrent des difficultés d'apprentissage à l'école (Desrochers, 2016; Desrochers, Laplante et Brodeur, 2016; MELS, 2011; MEES, 2015). Il comprend des procédés d'évaluation et d'intervention s'appuyant sur les données de la recherche dans un système axé sur la prévention, lequel est constitué de paliers multiples destinés à maximiser la réussite des élèves. Le palier 1, niveau universel, comprend un enseignement de qualité dans lequel sont utilisés des programmes et des approches pédagogiques en salle de classe auprès de l'ensemble des élèves. Le palier 2, enseignement supplémentaire ciblé, est constitué d'interventions davantage ajustées en fonction des forces et besoins des élèves pour qui l'enseignement en salle de classe ne s'est pas avéré suffisant pour assurer un rythme adéquat des apprentissages. Le palier 3, niveau d'intervention intensive, comprend des interventions intensives adaptées aux besoins spécifiques des élèves, généralement offertes individuellement.

Dans le cadre du modèle RàI, l'étape de la détection des enfants à risque de présenter des difficultés mathématiques est indispensable (Gersten, Jordan et Flojo, 2005), car elle permet de repérer les enfants en difficulté et de les orienter vers les professionnels (orthopédagogues, neuropsychologues, orthophonistes). Quelques auteurs considèrent que le palier 2 d'intervention appartient à un professionnel autre que l'enseignant (p. ex. Johnson, Mellard, Fuchs et McKnight, 2006) alors que pour plusieurs autres, il est davantage sous la responsabilité de l'enseignant (Fuchs et Fuchs, 2007; NCRTI, 2010). Il peut également y avoir une collaboration entre l'enseignant et un intervenant spécialisé, souvent l'orthopédagogue (Whitten, Estevez et Woodrow, 2012). Le palier 3 est le plus souvent sous la responsabilité de professionnels non enseignants (orthopédagogues, orthophonistes, neuropsychologues). Les personnes compétentes pourront alors effectuer une évaluation et une intervention adaptée de palier 2 ou 3, selon le cas. Le présent article cible tout particulièrement cette étape de l'évaluation approfondie des difficultés mathématiques, le diagnostic de trouble des apprentissages en mathématiques (TAM) et la détermination des difficultés mathématiques, et ce, dans une perspective scientifique axée sur la psychologie cognitive et la neuropsychologie.

Modèle d'apprentissage en mathématiques

Quatre moments importants dans le développement du traitement du nombre sont décrits par Von Aster et Shalev (2007). Le développement mathématique s'appuie initialement sur ce qu'on appelle le sens du nombre (Butterworth, 2005; Dehaene, 2010). La représentation analogique (c.-à-d. non symbolique) des nombres, à savoir les représentations numériques mentales, est fondamentale pour le développement des compétences numériques. L'enfant acquiert par la suite le code numérique oral, à savoir les étiquettes mots-nombres, et apprend le code numérique arabe, à savoir les nombres écrits, pour parvenir à des représentations numériques dites matures modélisées par une ligne numérique horizontale compressible de gauche à droite (voir Lafay, St-Pierre et Macoir, 2013 pour une revue). Les capacités de traitement numérique des quantités et des nombres sont corrélées aux et prédictives des capacités arithmétiques (Nosworthy et coll., 2013; voir De Smedt, Noël, Gilmore et Ansari, 2013; Schneider, Thompson et Rittle-Johnson, 2017; et Schneider et coll., 2018 pour des méta-analyses). Outre les facteurs numériques évoqués, le développement des performances mathématiques (calcul et résolution de problèmes, par exemple) chez

l'enfant dépend également de facteurs cognitifs généraux : la mémoire de travail et les fonctions exécutives (Geary, 1993; 2010; 2017), et le raisonnement (Morsanyi McCormack et O'Mahony, 2018; Morsanyi, Prado et Richland, 2018).

Trouble des apprentissages en mathématiques

Le trouble des apprentissages en mathématiques (TAM), communément appelé dyscalculie développementale (DD), est défini par des difficultés d'apprentissage et d'utilisation des capacités académiques mathématiques dont les symptômes principaux sont des difficultés à maîtriser le sens des nombres, les données chiffrées ou le calcul, et des difficultés avec le raisonnement mathématique (DSM-5, 2013, 2016). Les difficultés apparaissent dans les premières années de scolarité, persistent dans le temps, résistent aux interventions pédagogiques et interfèrent fortement avec les activités de la vie scolaire et quotidienne. Elles ne peuvent pas être mieux expliquées par un handicap intellectuel, un déficit sensoriel, des troubles neurologiques ou mentaux, un trouble psychosocial, un manque de maîtrise de la langue d'enseignement scolaire ou une carence pédagogique. Le DSM-5 précise par exemple que la difficulté des apprentissages ne peut pas être attribuée à un absentéisme chronique ou à un manque d'éducation habituel dans le contexte de l'individu.

Si le modèle RàI n'est pas un modèle qui s'appuie sur un diagnostic pour justifier l'intensification des interventions, le DSM-5 nous apparaît tout de même comme un cadre intéressant pour définir le degré de difficulté et les modalités et l'intensification des interventions. Premièrement, les difficultés en mathématiques s'inscrivent sur un continuum et le DSM-5 définit celles étant considérées comme les plus importantes (critère B). De même, la définition du TAM inclut la notion de réponse à l'intervention (critère A-3). En cela, se baser sur le DSM-5 pour une première approche de compréhension des difficultés mathématiques d'un enfant permet de mesurer l'ampleur de ses difficultés et des besoins d'intervention.

Différentes hypothèses cognitives sont proposées pour expliquer l'origine fonctionnelle du TAM. Tout d'abord, la fréquente association entre des troubles en mathématiques et d'autres troubles cognitifs (trouble de la lecture, trouble de déficit de l'attention/hyperactivité, etc.) ont mené des chercheurs comme Von Aster et Shalev (2007) ou Geary (1993, 2010, 2017) à réfléchir à l'importance de facteurs cognitifs

généraux comme le langage, la mémoire (de travail) et les fonctions exécutives dans le développement mathématique. En particulier, les difficultés mathématiques sont très souvent comorbides à des troubles du développement de la lecture. Soares, Evans et Patel (2018) indiquent par exemple que 70 % des enfants ayant des difficultés mathématiques présentent aussi des difficultés de lecture (voir aussi Branum-Martin, Fletcher et Stuebing, 2013; Moll, Kunze, Neuhoff, Bruder et Schulte-Körne, 2014). Outre cette hypothèse cognitive générale, des hypothèses cognitives numériques spécifiques stipulent que le TAM serait directement lié à un trouble du traitement du nombre. Parmi celles-ci, l'hypothèse du déficit du *sens du nombre* (Butterworth, 2005; Von Aster et Shalev, 2007; Wilson et Dehaene, 2007) suggère que le TAM résulte d'un déficit du traitement des représentations non symboliques du nombre et d'une altération des représentations numériques mentales, impliquant des difficultés à comparer, identifier et estimer des quantités ainsi que des difficultés à placer des nombres sur une ligne numérique, etc. L'hypothèse du déficit d'accès au *sens du nombre* (Noël et Rousselle, 2011) suggère plutôt que le TAM est caractérisé par la présence de difficultés à accéder au sens des quantités à partir des nombres arabes : les enfants dyscalculiques ont des performances équivalentes à leurs pairs contrôles pour traiter des nombres non symboliques (p. ex. sous forme d'ensemble de points), mais des difficultés de traitement des nombres arabes (voir Lafay, St-Pierre et Macoir, 2015 pour une revue). Plusieurs habiletés sous-tendent ainsi la compétence en mathématiques et ces habiletés peuvent présenter des déficits sélectifs. Pour les identifier, nous avons besoin d'une instrumentation qui permet l'évaluation d'habiletés distinctes et associées à la compétence en mathématiques.

Outils d'évaluation mathématique

Il existe plusieurs outils d'évaluation mathématique pour les enfants francophones à la disposition des professionnels. La recension de Lafay, St-Pierre et Macoir (2014) avait mené à l'identification de 25 outils (échelles d'intelligence, outils d'évaluation de rendement scolaire et outils spécialisés dans l'évaluation mathématique cognitive). La recension mise à jour par Lafay et Cattini (2018) a mené à l'identification de six outils supplémentaires. Réunis, ces 31 outils publiés entre 1997 et 2016 permettent l'évaluation de jeunes de 3 à 18 ans. Un seul est normé pour la population des enfants franco-québécois : le WIAT-II (Wechsler, 2005). Deux tests ont fait l'objet de normalisation partielle pour une tranche d'âge : le Zareki-R (Dellatolas et Von Aster, 2006; publication

des normes franco-québécoises par Lafay, St-Pierre et Macoir, 2016) et le Tempo Test Rekenen (TTR; De Vos, 1992; publication des normes franco-québécoises par Lafay, St-Pierre et Macoir, 2015). Un test a fait l'objet d'une étude comparative entre les normes d'origine et un groupe restreint d'enfants franco-québécois : Examath 8–15 (Lafay et Helloin, 2016). Les outils, ensemble, couvrent les différents domaines mathématiques tels que les habiletés mathématiques (dénombrement, numération, transcodage, calcul, vocabulaire mathématique, résolution de problèmes, raisonnement) et les habiletés cognitives de traitement du nombre.

Tous les outils ne répondent pas aux critères de qualité psychométrique qui relèvent de la standardisation (c.-à-d. les conditions de passation et de cotation systématisées et uniformisées lors de l'étalonnage et permettant à l'utilisateur ultérieur de reproduire ces procédures et conditions à l'identique dans sa pratique clinique), de la validité (degré avec lequel un test mesure vraiment ce qu'il prétend mesurer), de la fidélité (reproductibilité et stabilité de la mesure dans des situations comparables) et de la normalisation. En effet, Lafay et Cattini (2018) ont analysé chacun des outils à partir d'une grille d'évaluation des propriétés psychométriques et les résultats ont mis en évidence qu'aucun critère n'est satisfait par l'ensemble des tests (35 % en moyenne) et qu'aucun test n'obtient une qualité de 100 % (39 % en moyenne, de 12 à 67 %). Il est indispensable que les professionnels considèrent l'ensemble de ces critères pour juger de la validité et de la pertinence des outils à utiliser pour mener à bien une évaluation efficace. Cette instrumentation peut être utilisée pour identifier les élèves qui seront dirigés vers une intervention de palier 2 ou 3. Si l'estimation de la performance présente une marge d'erreur importante, nous observerons une augmentation des faux positifs et des faux négatifs, conduisant à une sur ou sous-identification des enfants en difficultés mathématiques.

Démarche d'évaluation approfondie

La démarche d'évaluation approfondie que nous proposons a deux objectifs principaux qui nous apparaissent en lien avec le modèle RàI. Le premier est en lien avec la définition et les critères indiqués par le DSM-5 pour avancer une hypothèse diagnostique de trouble des apprentissages en mathématiques et définir l'ampleur des difficultés et des besoins d'intervention. Le deuxième vise à dresser le portrait de l'élève

(c.-à-d. les habiletés mathématiques et cognitives) afin d'identifier la nature des interventions nécessaires : il s'agit de circonscrire les causes et le contexte des difficultés rencontrées par l'enfant. En particulier, les aspects cognitifs peuvent mener à l'observation d'un TAM de type dyscalculie primaire (c.-à-d. un trouble qui prend son origine dans un déficit du traitement des nombres), d'un TAM de type dyscalculie secondaire/associé à un autre trouble cognitif général ou d'un TAM de type trouble du raisonnement. L'évaluation d'un enfant en difficultés mathématiques comporte plusieurs étapes tout aussi importantes les unes que les autres. La démarche d'évaluation approfondie que nous proposons s'inscrit dans une approche hypothético-déductive qui consiste à croiser les données de chacun des éléments recueillis lors des entretiens et des tests.

Recueil de l'histoire de cas

En début d'évaluation, le recueil de l'histoire de cas permet au professionnel d'identifier les besoins de l'enfant et de sa famille, mais également de circonscrire les difficultés et de répondre, d'emblée, à quelques critères stipulés par la définition officielle du TAM (DSM-5). En effet, des informations essentielles peuvent être ainsi recueillies. Il s'agit par exemple de connaître la demande du jeune (critère A-1 du DSM-5) et le moment du début des difficultés (critères A-2 et C du DSM-5), de savoir si l'enfant a déjà bénéficié d'une aide pédagogique ou cognitive et si cela lui a permis de progresser (critère A-3 du DSM-5), de connaître les répercussions scolaires et quotidiennes des difficultés mathématiques (critère B-2 du DSM-5) et d'obtenir des informations générales sur la santé et l'éducation quant à la présence d'un handicap intellectuel, d'un déficit sensoriel, de troubles neurologiques ou mentaux, d'un trouble psychosocial, d'une maîtrise insuffisante de la langue d'enseignement scolaire ou d'une pédagogie inadéquate de l'enseignement (critère D du DSM-5). Savoir si des difficultés mathématiques sont présentes chez d'autres membres directs de la famille est également un élément intéressant, car des facteurs génétiques ont été identifiés d'une part et cela pourrait déterminer quel serait le parent aidant dans l'apprentissage des mathématiques d'autre part. De plus, recueillir des informations quant à l'état d'anxiété ressentie par le jeune en situation d'activité mathématique est pertinent dans la mesure où l'anxiété spécifiquement mathématique est un élément observé dans le trouble des apprentissages en mathématiques (Maloney, Risko, Ansari et Fugelsang, 2010; Passolunghi, 2011). Les moyens de recueillir les informations

anamnestiques sur l'enfant et son parcours de vie sont divers. En plus de l'entretien direct avec le jeune et sa famille, des questionnaires à l'intention des parents ou des enseignants peuvent être préalablement utilisés. Ils permettent une mesure davantage objective des observations (p. ex. les questionnaires suivants : Carey, Hill, Devine et Scucs, 2017; Chiu et Chen, 1990; Lafay, Archambault, Macoir, St-Pierre et Vigneron, 2018; Vilette, Danet et Dionne, 2017). Toutes ces informations sont ainsi primordiales, mais il importe ensuite d'objectiver les difficultés que le jeune, sa famille ou son enseignant ont décrites.

Évaluation formelle quantitative et analyse qualitative

L'évaluation des capacités mathématiques générales permet d'objectiver et de caractériser les difficultés rencontrées par le jeune, et ce, à l'aide d'outils standardisés et normalisés. L'objectif est double. Le premier objectif est celui de répondre au critère B-1 du DSM-5, à savoir des performances académiques affectées, nettement sous le niveau attendu en fonction de son âge, démontrables quantitativement par l'utilisation de tests standardisés et par l'analyse clinique. Il s'agit de comparer les performances du jeune enfant, non seulement à la vingtaine de jeunes qui constituent son groupe classe, mais aussi à une norme nationale, de la manière la plus objective possible. Le second est de caractériser le profil mathématique et cognitif pour planifier l'intervention nécessaire. Une démarche d'évaluation approfondie est indispensable pour gagner en efficacité.

Premièrement, partir des besoins exprimés par le jeune et sa famille, selon les informations recueillies lors de la phase d'entretien, est essentiel pour cibler efficacement les habiletés nécessaires à tester. Puisque notre démarche d'évaluation approfondie s'inscrit dans une approche hypothético-déductive, tester toutes les capacités mathématiques ne semble pas indispensable.

Deuxièmement, l'évaluation des capacités mathématiques générales permet ensuite d'objectiver les difficultés scolaires rencontrées. Il s'agit, par exemple, d'évaluer les capacités de comptage et de dénombrement, de compréhension et d'utilisation de la numération à valeur positionnelle, de compréhension et d'utilisation de la numération décimale et des fractions, de transcodage (lecture et dictée de nombres), de calcul, de résolution de problèmes, etc. (voir Lafay, St-Pierre et Macoir, 2014 ou Lafay et Cattini, 2018, pour une classification des outils en fonction des habiletés mathématiques ciblées).

Au-delà de l'évaluation formelle quantitative, il convient de relever des observations qualitatives primordiales à la compréhension du fonctionnement cognitif de l'enfant. Par exemple, l'évaluation du dénombrement permettra d'observer si l'enfant dénombre, s'il comprend les principes de dénombrement (principe d'ordre stable de la comptine numérique, principe de non-pertinence de l'ordre, principe de correspondance terme à terme, principe de cardinalité, principe d'abstraction; Gelman et Gallistel, 1978), si l'enfant dénombre des collections mobiles et fixes, des collections organisées et désorganisées, organise son dénombrement en déplaçant des objets mobiles, en cochant des objets fixes, en effectuant des regroupements, etc. Concernant la numération entière, l'analyse mènera à définir quelle conception le jeune a du système (conception unitaire des nombres (p. ex. 53 unités), conception en seul groupe de dizaines et unités (p. ex. 50+3), conception en séquence de dizaines et unités (p. ex. 10-20-30-40-50+3), conception en séquence d'unité de dizaines et unités (p. ex. 5 dizaines et 3 unités), conception intégrée des deux conceptions précédentes (UDSSI triad model; Fuson, Smith et Lo Cicero, 1997). La non-transparence du système de numération orale en français implique aussi d'évaluer la compréhension et/ou la connaissance des deux systèmes, arabe et verbal. L'évaluation du transcodage (lecture et dictée de nombres) nécessite d'analyser les erreurs produites pour comprendre le jeune et son fonctionnement cognitif dans cette activité. Le modèle ADAPT (Developmental, Asemantic, and Procedural Transcoding model; Barrouillet et al., 2002) donne un cadre rigoureux à l'analyse des erreurs. Les erreurs décrites par ces auteurs sont de deux ordres principalement : d'une part, l'erreur lexicale (p. ex. erreur de classe, erreur de position, inversion de dizaine/unité), qui relève davantage d'une difficulté de récupération de formes en mémoire à long terme, et, d'autre part, l'erreur syntaxique (p. ex. ajout ou suppression d'un ou plus « 0 », insertion de « 1 » entre les dizaines et les unités, lexicalisation terme à terme) qui relève davantage d'une difficulté de gestion des règles et de maintien de l'information en mémoire de travail. Concernant la numération des fractions, il importe de vérifier les connaissances conceptuelles sur les fractions (fraction perçue comme la partie d'un tout et fraction perçue comme un nombre à part entière) et les connaissances procédurales sur les fractions (opérations arithmétiques). Il s'agit, en particulier, de vérifier que le biais dû aux connaissances préalables sur les nombres entiers ne perdure pas au-delà des premiers mois d'apprentissage. L'évaluation du calcul exige beaucoup d'analyse, car le calcul regroupe

une large part de capacités : le calcul simple, le calcul complexe, les faits multiplicatifs, le calcul écrit et les procédures écrites conventionnelles. L'analyse mènera à définir quelle(s) stratégies (ASCM Adaptive Strategy Choice Model; Siegler, 1984, 1987) et quelle(s) procédure(s) (Baroody et Ginsburg, 1986) le jeune est capable de mettre en place pour résoudre une opération arithmétique d'addition ou de soustraction ainsi que le type des erreurs commises. De plus, l'analyse des connaissances des faits multiplicatifs permettra d'établir l'étendue des connaissances du jeune et les facteurs de difficulté tels que la taille des multiplications, l'interférence entre les faits, etc. Concernant l'analyse des capacités de résolution de problèmes, il importe d'identifier quelles étapes posent difficulté à l'enfant (traduction de l'énoncé, intégration de l'énoncé, planification des opérations, exécution des opérations, autocontrôle du résultat; Ménissier, 2011).

Troisièmement, l'évaluation des habiletés numériques de base, autrement dit du traitement du nombre et des quantités, permet d'identifier la présence d'un déficit cognitif numérique chez le jeune évalué. Cela permet de répondre à la question de la présence d'une dyscalculie primaire et d'ajuster l'intervention ultérieure. Le modèle du Triple Code (Dehaene, 1992) et le modèle développemental de Von Aster et Shalev (2007), qui décrivent quatre moments importants dans le développement du traitement du nombre, sont des appuis essentiels pour cette partie de l'évaluation. Il s'agit ainsi de définir si le jeune est capable de percevoir et de traiter les quantités représentées en code analogique, de reconnaître les nombres arabes et d'accéder à leur sens, et de reconnaître les nombres en code oral et d'accéder à leur sens.

Quatrièmement, l'évaluation approfondie consiste à évaluer ou à prendre des indices quant aux habiletés cognitives générales du jeune. D'une part, cela permet de répondre à la question de la présence d'une dyscalculie secondaire à un trouble cognitif général ou un trouble du raisonnement; d'autre part, de préparer au mieux l'intervention ultérieure. Il s'agit d'obtenir des informations quant aux capacités du jeune en mémoire (p. ex. court terme, long terme, de travail), aux fonctions exécutives (p. ex. flexibilité, inhibition), et au raisonnement (verbal et non verbal).

Ainsi, si l'analyse quantitative via des tests standardisés est primordiale pour évaluer, en regard d'une norme représentative, les capacités mathématiques et numériques, l'analyse qualitative appuyée sur des modèles théoriques (voir ci-après dans la description

de l'étude de cas) apporte sans nul doute de riches informations quant à son fonctionnement cognitif qui seront indispensables pour mener à bien une intervention ultérieure. Une démarche d'évaluation approfondie et structurée est donc indispensable pour gagner en efficacité (voir Lafay et Helloin, 2017 pour la description détaillée d'une démarche d'évaluation à partir de l'outil Examath 8-15, Lafay et Helloin, 2016).

Conclusion de l'évaluation

Considérant la nature et la sévérité des difficultés identifiées et observées, une conclusion doit se dégager. Premièrement, l'évaluation permet de statuer sur la présence ou non d'un TAM, en regard de la définition officielle (DSM-5) et ainsi de déterminer l'ampleur des difficultés et des interventions nécessaires. Deuxièmement, l'évaluation permet de caractériser ce TAM comme relevant d'une dyscalculie primaire du traitement du nombre, d'une dyscalculie secondaire à un trouble cognitif général ou d'un trouble du raisonnement. De plus, elle permet de faire émerger le portrait des forces et des faiblesses dans le but de déterminer la nature des interventions nécessaires. Enfin, des recommandations doivent être développées en termes d'évaluations complémentaires nécessaires (p. ex. évaluation du langage par un orthophoniste, évaluation de la mémoire et des fonctions exécutives par un neuropsychologue, évaluation des capacités motrices par un ergothérapeute, évaluation psychosociale par un psychologue, etc.); en termes d'interventions nécessaires (p. ex. soutien pédagogique par un orthopédagogue, intervention cognitive par un orthophoniste ou un neuropsychologue, etc.); et, enfin, en termes d'adaptations pédagogiques nécessaires en classe (p. ex. matériel de manipulation, calculatrice, frise numérique, etc.).

Étude de cas

L'étude de cas suivante est proposée pour illustrer la démarche d'évaluation approfondie. L'évaluation décrite ci-dessous a été réalisée dans le cadre d'une évaluation en orthophonie. Il est à noter que la présente évaluation a été réalisée en France, pays dans lequel l'évaluation et l'intervention auprès des enfants présentant un trouble des apprentissages en mathématiques sont réalisées par un orthophoniste. L'orthophoniste réalise aussi ces actes en Belgique et en Suisse. Au Québec, ce type d'acte n'est réservé par aucun ordre professionnel; le professionnel compétent (orthophoniste, orthopédagogue, (neuro)

psychologue) en aura la charge. Les parents de l'enfant concerné ont donné leur consentement pour que les données recueillies puissent être utilisées à des fins de recherche ainsi qu'à des fins de publications scientifiques. Le prénom est modifié par souci de confidentialité.

Histoire du cas et anamnèse

Iris, 9 ans et 9 mois, consulte en orthophonie, accompagnée de sa mère, en septembre de sa 5^e année d'école primaire (correspondant au cycle 3 — CM2 du système scolaire français), pour des difficultés en mathématiques persistantes depuis le début de sa scolarité. Il s'agit d'une enfant née à terme, sans antécédents médicaux particuliers, qui a présenté un développement psychomoteur et langagier harmonieux avec une bonne intégration scolaire à l'école maternelle. Née en fin d'année, elle figure cependant parmi les plus jeunes de sa classe et les apprentissages académiques sont difficiles pour l'ensemble des matières enseignées durant les premiers mois de son entrée au primaire. Elle présente aussi quelques difficultés d'adaptation. La mère d'Iris évoque un « déblocage » rapide dans l'apprentissage de la lecture avec une aisance croissante dès la fin de la première année du primaire, alors que les difficultés dans l'apprentissage du calcul croissent rapidement et persistent année après année, entraînant des phénomènes anxieux lors des activités mathématiques ou des évaluations (se ronge les ongles, se plaint de douleurs abdominales, appréhende les exercices en classe...) et une perte de confiance. Lors de l'entretien, Iris se dit en effet « nulle en calcul et en chiffres » et annonce « ne rien comprendre aux problèmes ». Les résultats des évaluations scolaires sont effectivement faibles en numération, en calcul et en résolution de problèmes, mais dans la moyenne dans les autres matières. Iris affirme cependant aimer aller à l'école et se révèle une fillette vive et en général joyeuse, très à l'aise sur le plan conversationnel avec ses pairs ou avec les adultes. Par ailleurs, elle pratique avec plaisir la danse classique et contemporaine, où elle se montre performante.

Iris est l'aînée d'une fratrie de trois enfants. On ne note pas d'antécédent familial avéré de trouble des apprentissages, mais la scolarité du père est qualifiée de chaotique. L'activité professionnelle des parents nécessite une utilisation quotidienne de compétences en calcul, en tant que travailleurs autonomes (gestion d'un petit restaurant).

À partir de la 3^e année, un soutien pédagogique spécifique et différencié en mathématiques est mis en place pour Iris en petit groupe

de remédiation. Elle est reçue par la psychologue scolaire qui conclut à une bonne adaptation sociale et à des compétences intellectuelles dans la moyenne (résultats homogènes aux quatre échelles du WISC-IV). Des examens ORL (à la suite d'une otite) et ophtalmologiques sont pratiqués et ne révèlent aucun déficit sensoriel. Une première évaluation orthophonique est réalisée en décembre de la 4^e année, suivie de séances hebdomadaires d'intervention orthophonique pendant quatre mois. Le traitement orthophonique est interrompu pour des raisons d'organisation matérielle (horaires, distances), bien que l'équipe pédagogique conseille la poursuite de la prise en soins orthophoniques. Hors scolarité, la mère d'Iris signale des difficultés dans l'utilisation de la monnaie (petits achats) et dans l'apprentissage de l'heure.

À l'issue de ce recueil anamnestique, une partie des critères stipulés dans le DSM-5 peut être validée. Cela permet de préciser le contexte et l'ampleur des difficultés.

Évaluation formelle quantitative et analyse qualitative

Pour quantifier le niveau de performance d'Iris et pour caractériser le profil (critère B-1 du DSM-5), la batterie informatisée Examath 8–15 lui est administrée. L'évaluation est effectuée en tout début d'année scolaire. Ses résultats quantitatifs sont comparés à ceux de l'étalonnage du niveau scolaire antérieur (correspondant à la 4^e année de primaire — étalonnage effectué au printemps).

Considérant la plainte et les résultats du bilan d'évaluation antérieur, Iris effectue de prime abord deux épreuves de calcul simple du module Arithmétique dont les résultats quantitatifs situés sous le percentile 5 permettent, d'emblée, d'objectiver des performances significativement inférieures à celles attendues et la présence d'un trouble des apprentissages en mathématiques. L'épreuve de résolution d'opérations analogiques, à partir de petites quantités présentées de façon analogique (pingouins) avec déplacements, révèle des habiletés déficitaires en modalité de réponse verbale malgré l'utilisation camouflée qu'Iris fait des doigts. Le sens des opérations est cependant respecté, montrant une compréhension intuitive des transformations. Certaines erreurs sont induites par un dénombrement insuffisamment rapide ou inexact des quantités analogiques présentées (pingouins) pour un des opérateurs, d'autres résultats sont erronés « à 1 près »; pour l'item multiplicatif $\{3 \times 5\}$ traité sous forme d'addition réitérée par Iris, elle produit le multiple suivant dans la table de 5 $\{20\}$ en comptabilisant

Tableau 1
Profil d'Iris en regard du DSM-5

Fiche diagnostique : <i>troubles des apprentissages</i> Enfant : <i>Iris, 9 ans et 9 mois</i>	Critères DSM-5	Commentaires
Critère A — Difficultés à apprendre et à utiliser des compétences scolaires ou universitaires avec présence d'au moins un symptôme parmi les suivants :		
S1 : lecture de mots inexacte, lente ou laborieuse S2 : difficulté à comprendre la signification de ce qui est lu S3 : difficultés d'orthographe S4 : difficultés dans l'expression écrite S5 : difficultés avec le sens des nombres, les données chiffrées, le calcul S6 : difficultés avec le raisonnement mathématique	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	Absence : documents scolaires et observations Présentes d'après les résultats scolaires, à objectiver par évaluation
Persistance pendant au moins six mois	<input checked="" type="checkbox"/>	Signalées depuis trois ans
Malgré la mise en place de mesures ciblant ces difficultés	<input checked="" type="checkbox"/>	Soutien pédagogique — orthophonie antérieure
Critère B — Niveau de performances		
– Performances nettement en dessous du niveau attendu – de manière quantifiable (tests standardisés, évaluation clinique)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	À documenter par l'évaluation
– Interférence de façon significative avec les performances scolaires – Répercussion sur les activités quotidiennes	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	Bulletins scolaires, monnaie, heures
Critère C — Début des difficultés		
Au cours de la scolarité primaire (ou ultérieurement si les demandes scolaires ne dépassaient pas les capacités limitées du sujet)	<input checked="" type="checkbox"/>	Selon l'anamnèse et les documents scolaires
Critère D — Les difficultés ne peuvent pas être mieux expliquées par :		
– Handicap intellectuel – Acuité visuelle ou auditive non corrigée – Troubles neurologiques – Trouble psychosocial – Manque de maîtrise de la langue d'enseignement – Pédagogie inadéquate/carence éducative	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	Anamnèse et autres examens antérieurs Informations sur la scolarité et le soutien pédagogique

deux fois le même opérateurs (Iris ajoute en aparté que, puisqu'il y avait « beaucoup » de groupes de pingouins, 20 « doit être le bon nombre »). L'épreuve de fluence arithmétique la met en grande difficulté pour la vitesse et la précision de calcul dans les séries soustractives et multiplicatives, la série additive prise isolément montrant des résultats dans le deuxième quartile. La série multiplicative est caractérisée par une grande lenteur (quatre opérations en une minute), suggérant une quasi-absence d'encodage des faits arithmétiques. Iris tente très visiblement de calculer par addition réitérée ou de compter sur ses doigts et elle ne fait pas appel à une récupération directe en mémoire.

Les autres axes investigués pour l'évaluation des capacités mathématiques générales d'Iris concernent les modules Numération entière et Résolution de problèmes arithmétiques à énoncé verbal de la batterie.

La fillette maîtrise le vocabulaire spécifique du système de numération arabe, distingue les notions de chiffre et de nombre en s'appuyant sur des connaissances déclaratives, entraînées en classe, ce qui lui permet d'obtenir un score situé dans le deuxième quartile pour l'épreuve d'Identification U-D-C (c.-à-d. unité-dizaine-centaine). Sa compréhension réelle du système de numération est cependant très lacunaire. Il lui est difficile de sélectionner la décomposition canonique pertinente d'un nombre parmi plusieurs propositions (épreuve de décomposition additive sous le percentile 5). La lecture comme la transcription de grands nombres (> 99) est sévèrement déficitaire (seuls trois nombres sur dix peuvent être transcrits correctement par exemple), l'ensemble de l'épreuve de transcodage la situant sous le percentile 5. En référence au modèle ADAPT, on observe à la fois des erreurs lexicales de classe, de position, des substitutions et des erreurs syntaxiques particulièrement nombreuses sous dictée avec ajout ou suppression de 0. On ne note néanmoins pas de transcodage littéral terme à terme.

La résolution de problèmes est échouée massivement (tous les résultats sous le percentile 5) dès le niveau le plus simple de résolution additive par combinaison. Les énoncés sont proposés oralement avec un support écrit qu'Iris relit soigneusement et sans difficulté notable de lecture. À l'occasion, elle est capable de reformuler oralement le problème de façon pertinente, mais échoue fréquemment dans le choix des opérations et quasi systématiquement dans l'exécution du calcul. Les opérations écrites sont, à plusieurs reprises, posées « à l'envers » par rapport aux

algorithmes enseignés en classe alors même qu'elle a identifié quelle procédure utiliser (p. ex. pose 13-28); la « retenue » est plusieurs fois omise pour les dizaines ou une partie du nombre n'est pas prise en compte (p. ex. $19-7 = 2$). Les problèmes de transformation additive sont échoués, quelle que soit la place de l'inconnue. Iris sélectionne l'opération adéquate pour les problèmes de comparaison additive lorsque l'énoncé est conforme avec l'opération nécessaire (p. ex. énoncé comportant la mention « de plus que » et requérant une addition), mais elle est leurrée par les problèmes avec énoncés inconsistants. Les énoncés multiplicatifs ne sont pas identifiés comme tels et sont traités par une procédure additive ou soustractive, non pertinente.

Les observations et les résultats du module Résolution de problèmes suggèrent alors qu'Iris peut décoder et traduire les énoncés (étape de traduction intégrée), mais qu'elle ne parvient pas à se représenter mentalement les situations et les quantités en jeu, cette absence de représentation mentale ne lui permettant pas de plus, au-delà de ses difficultés de calcul, d'être interpellée par les résultats « aberrants » qu'elle obtient (p. ex. quantité plus grande que la quantité initiale obtenue après une transformation soustractive). En référence au modèle de Ménissier (2011), les étapes d'intégration, de planification, d'exécution du calcul et d'autocontrôle sont altérées et, en référence au modèle des trois niveaux de représentations mentales d'un texte de van Dijk et Kintsch (1983), le niveau des modèles de situation n'est pas accessible à Iris en situation de résolution de problème arithmétique à énoncé verbal.

Ces résultats en numération et résolution de problèmes permettent de préciser les composantes déficitaires de la compétence en mathématiques chez Iris et, par cela même, confirment donc la présence du TAM. La recherche d'un déficit des habiletés numériques de base sous-jacent à ces manifestations de difficultés mathématiques est effectuée au moyen de plusieurs épreuves portant sur le sens du nombre et l'accès au sens du nombre. Le sens du nombre apparaît préservé au vu des résultats de l'épreuve Comparaison analogique de quantités, avec des scores dans la norme, tant en précision de réponse qu'en temps de traitement. L'accès au sens du nombre est nettement déficitaire via le code oral, avec des résultats sous le percentile 5 pour l'épreuve Relation oral/analogique, des temps de réponse significativement allongés dans l'épreuve Identification de quantités avec réponse orale (score de temps sous le percentile 10 pour le subtest Subitizing en lien avec le Système numérique précis et sous le percentile 5 pour le subtest Estimation

en lien avec le Système numérique approximatif). L'accès au sens du nombre est fragile via le code arabe, avec des performances hétérogènes selon la modalité de réponse : les performances sont subnormales dans l'épreuve Relation arabe/analogique, mais se détériorent dans les subtests de placement de nombres (oral et arabe) sur la Ligne numérique, épreuve qui demande plus de précision dans les représentations numériques mentales évoquées par les nombres symboliques. La distribution des réponses aux cibles est alors désordonnée et les scores se situent sous le percentile 5. L'épreuve Dénombrement et calcul, enfin, montre des performances globalement déficitaires (sous le percentile 5), mais dissociées entre la modalité « identification », où Iris montre une précision correcte (résultats dans le deuxième quartile) avec une compréhension des principes du dénombrement, mais un allongement notable du temps de traitement lié à des stratégies encore peu économiques de regroupement (score de vitesse sous le percentile 10) et la modalité « production » d'une collection pour laquelle elle se perd dans les déplacements et l'organisation des regroupements. La manipulation apparaît n'apporter que peu d'étayage pour Iris dans cette tâche, alors que la verbalisation l'aide dans la tâche d'identification (autorécapitulation oralisée pendant le dénombrement, appui sur la boucle phonologique). À l'issue de ce groupe d'épreuves, nous pouvons conclure à la présence de troubles cognitifs numériques suggérant ainsi un trouble primaire du nombre (ou dyscalculie primaire).

Enfin, des épreuves de raisonnement verbal et non verbal sans traitement numérique de la batterie Examath 8-15 sont proposées à Iris pour mieux appréhender ses difficultés en résolution de problèmes. L'épreuve Inférence en images est réussie (score dans le troisième quartile), avec une aisance identique quelle que soit l'étape du scénario sur laquelle porte l'inférence sémantique à réaliser (par analogie avec les variations de place de l'inconnue dans les problèmes arithmétiques à énoncé verbal). Iris verbalise spontanément son raisonnement. L'épreuve Gestion des énoncés, qui traite de l'analyse d'énoncés de problèmes arithmétiques en amont de la procédure de résolution, montre des performances hétérogènes (score dans le deuxième quartile). La fillette peut juger de la faisabilité du problème (traduction de l'énoncé effective), mais ne parvient pas à trier toutes les données numériques en lien avec ses difficultés de représentation numérique.

Des épreuves complémentaires de langage oral et écrit issues de la batterie Exalang 8-11 (Thibault, Lenfant et Helloin, 2012), effectuées dans un second temps à titre indicatif, n'ont mis en évidence aucun

déficit spécifique du langage oral et écrit, que cela soit en modalité expressive ou réceptive. En particulier, on note des performances satisfaisantes en compréhension d'énoncés courts ou de texte.

Synthèse et conclusions de l'évaluation orthophonique d'Iris

En conclusion, le recueil anamnestique et l'évaluation menée avec l'élève permettent tout d'abord de conclure à la présence d'un TAM relevant d'une dyscalculie primaire avec manifestations en arithmétique et en résolution de problèmes. Ils permettent également de circonscrire le profil de difficultés de l'enfant et de définir la nature des interventions nécessaires. La reprise d'une intervention de palier 3 du modèle RàI (orthophonique dans le contexte français du cas présenté) est recommandée. Plusieurs axes d'intervention généraux seront à prioriser et à préciser en partenariat avec l'enfant et son milieu (sa famille, le milieu scolaire) :

- Développer des représentations numériques plus précises en lien avec les codes symboliques oral (à développer) et écrit (à renforcer), stimuler la construction d'une ligne numérique mentale en lien avec l'entraînement du calcul mental additif et soustractif (p. ex. utiliser un protocole d'intervention explicite faisant le lien entre les symboles numériques et la frise numérique; utiliser une ligne numérique sur le sol sur laquelle marcher (recourant au principe de cognition incarnée); utiliser l'instruction de stratégies explicites de déplacement sur une ligne numérique pour calculer, etc.).
- Faciliter la compréhension du système de numération entière, construire des décompositions additives et multiplicatives (p. ex. utiliser un protocole d'intervention faisant le lien explicite entre les symboles numériques et des objets de manipulation afin de donner du sens aux nombres).
- Aborder la résolution des problèmes en graduant la difficulté linguistique et sémantique, et en variant le type d'inconnue avec, de prime abord, des petits nombres pour mettre en place des procédures et des modèles de situations récurrents.
- Recommander, mettre en place et faciliter l'utilisation de moyens de compensation (frise numérique, table de Pythagore, calculatrice, fiche procédure, etc.).

Conclusion

L'objectif du présent article était de présenter une démarche d'évaluation approfondie des habiletés mathématiques d'un enfant afin d'en dégager un portrait de forces et faiblesses dans le but de guider l'intervention. À cet égard, l'étude de cas d'une jeune fille (Iris, 5^e année) a été proposée. Son évaluation a mené à la caractérisation du profil mathématique indispensable pour définir l'aide nécessaire pour développer les apprentissages. Dans le cadre du modèle RàI, l'étape de l'évaluation des enfants en difficultés mathématiques par les professionnels compétents est indispensable afin de fournir ensuite les meilleures aides possible. L'identification des déficits mathématiques, cognitifs numériques et de raisonnement représente un défi majeur pour définir adéquatement les difficultés et les enjeux rencontrés par un enfant et l'assurance d'une intervention adaptée.

Références

- American Psychiatric Association. (2016). Mini DSM 5 Critères diagnostics. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.
- American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5). Arlington, VA: APA. doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596
- Baroody, A. J., et Ginsburg, H. P. (1986). The relationship between initial meaningful and mechanical knowledge of arithmetic. Dans J. Hiebert (Éd.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics* (p. 75-112). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Barrouillet, P., Camos, V., Perruchet, P., et Seron, X. (2004). ADAPT: A developmental asemantic procedural transcoding (ADAPT) model: From verbal to Arabic numerals. *Psychological review*, 111(2), 368-394. doi.org/10.1037/0033-295X.111.2.368
- Branum-Martin, L., Fletcher, J. M. et Stuebing, K. K. (2013). Classification and identification of reading and math disabilities: The special case of comorbidity. *Journal of Learning Disabilities*, 46(6), 490-499. doi.org/10.1177/0022219412468767
- Butterworth. (2005). Developmental dyscalculia. Dans Campbell, J.I.D. (Éd.), *Handbook of mathematical cognition* (p. 455-467). New-York and Hove: Psychology Press.
- Carey, E., Hill, F., Devine, A. et Szucs, D. (2017). The Modified Abbreviated Math Anxiety Scale: A Valid and Reliable Instrument for Use with Children. *Front. Psychol.* 8:11. doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00011

- Chiu, L., et Henry, L. (1990). Development and validation of the Mathematics Anxiety Scale for Children. *Measurement & Evaluation in Counseling & Development*, 23(3), 121-127.
- De Smedt, B., Noël, M. P., Gilmore, C., et Ansari, D. (2013). How do symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 48-55. doi.org/10.1016/j.tine.2013.06.001
- De Vos, T. (1992). *Tempo Test Rekenen*. Berkhout Nijmegen.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42. doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-N
- Dehaene, S. (2010). *La bosse des maths: quinze ans après*. Paris : Odile Jacob.
- Dellatolas, G. et Von Aster, M. (2006). *Zareki-R : batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant*. Paris : ECPA.
- Desrochers, A. (2016). *Le modèle de la réponse à l'intervention et sa mise en œuvre*. Congrès de l'Association des directions générales des commissions scolaires. http://adigeecs.qc.ca/wp-content/uploads/2015/03/DesrochersA_ADIGECS_19mai2016_V2-2.pdf
- Desrochers, A., Laplante, L. et Brodeur, M. (2016). *Le modèle de la réponse à l'intervention et la prévention des difficultés d'apprentissage de la lecture au préscolaire et au primaire*. Dans M.-F. Morin, D. Alamargot et C. Gonçalves (dir.), Perspectives actuelles sur l'apprentissage de la lecture et de l'écriture (p. 290-314). Sherbrooke : Éditions de l'Université de Sherbrooke. doi.org/10.17118/11143/10274
- Fuchs, L. S. et Fuchs, D. (2007). A model for implementing responsiveness to intervention. *Teaching exceptional children*, 39(5), 14-20. doi.org/10.1177/004005990703900503
- Fuchs, L. S. et Vaughn, S. (2012). Responsiveness-to-intervention: A decade later. *Journal of learning disabilities*, 45(3), 195-203. doi.org/10.1177/0022219412442150
- Fuson, K. C., Smith, S. T. et Lo Cicero, A. M. (1997). Supporting Latino First Graders' Ten-Structured Thinking in Urban Classrooms. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(6), 738-766. doi.org/10.2307/749640
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114(2), 345-362. doi.org/10.1037/0033-2909.114.2.345
- Geary, D. C. (2010). Mathematical Disabilities: Reflections on Cognitive, Neuropsychological, and Genetic Components. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 130-133. doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.008
- Geary (2017). Developmental Change in the Influence of Domain-General Abilities and Domain-Specific Knowledge on Mathematics Achievement: An Eight-Year Longitudinal Study. *Journal of Educational Psychology*, 109(5), 680-693. doi.org/10.1037/edu0000159

- Gelman, R. et Gallistel, C.R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gersten, R., Jordan, N. C. et Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of learning disabilities*, 38(4), 293-304. doi.org/10.1177/00222194050380040301
- Johnson, E., Mellard, D. F., Fuchs, D. et McKnight, M. A. (2006). Responsiveness to Intervention (RTI): How to Do It. [RTI Manual]. *National Research Center on Learning Disabilities*.
- Lafay, A., Archambault, S., Macoir, J., St-Pierre, M.-C. et Vigneron, M. (2018). *Le dépistage du Trouble d'apprentissage en mathématiques : présentation de deux outils*. Actes des XVIII^{èmes} rencontres de l'Unadréo. Paris. 6 et 7 décembre 2018.
- Lafay, A. et Cattini, J. (2017, juin). Psychometric Analysis of Mathematic Assessment Tools Used with French-speaker Children. Communication présentée au congrès de la Canadian Society for Brain, Behavior, and Cognitive Science, Regina, Canada.
- Lafay, A. et Cattini, J. (2018). Analyse psychométrique d'outils d'évaluation mathématiques utilisés auprès des enfants francophones. *Revue canadienne d'orthophonie et d'audiologie*, 42(2), 127-144.
- Lafay, A. et Helloin, M.-C. (2017). Examath 8-15, une batterie informatisée d'évaluation des habiletés mathématiques. *Rééducation orthophonique*, 270, 145-165.
- Lafay, A. et Helloin, M.-C. (2016). *Examath 8-15, batterie informatisée d'examen des habiletés mathématiques*. Grenade : HappyNeuron.
- Lafay, A., St-Pierre, M.-C. et Macoir, J. (2016). Performances moyennes des enfants franco-québécois de 8-9 ans au test mathématique Zareki-R. *Glossa*, 119, 41-54.
- Lafay, A., St-Pierre, M.-C. et Macoir, J. (2015). Revue narrative de littérature relative aux troubles cognitifs numériques impliqués dans la dyscalculie développementale : déficit du sens du nombre ou déficit de l'accès aux représentations numériques mentales. *Canadian Psychology/ Psychologie canadienne*, 56(1), 96-107. doi.org/10.1037/a0037264
- Lafay, A., St-Pierre, M.-C. et Macoir, J. (2015). Validation franco-québécoise du Tempo Test Rekenen pour l'évaluation des habiletés mathématiques auprès d'enfants de 8-9 ans. *Glossa*, 118, 27-39.
- Lafay, A., St-Pierre, M.-C. et Macoir, J. (2014). L'évaluation des habiletés mathématiques de l'enfant : inventaire critique des outils disponibles. *Glossa*, 116, 33-58.
- Lafay, A., St-Pierre, M.-C. et Macoir, J. (2013). Développement des systèmes numériques non symboliques et prédicteurs de réussite mathématique. *Glossa*, 112, 1-17.

- Maloney, E., Risko, E. F., Ansari, D. et Fugelsang, J. (2010). Mathematics anxiety affects counting but not subitizing during visual enumeration. *Cognition*, 114(2), 293-297. doi.org/10.1016/j.cognition.2009.09.013
- Ménissier, A. (2011). Analyser, comprendre et travailler les problèmes arithmétiques. Dans M. Habib, *Calcul et dyscalculies — Des modèles à la rééducation* (p. 96). Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2011). *Référentiel d'intervention en lecture pour les élèves de 10 à 15 ans*. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/adaptation_serv_compl/Referentiel-Lecture_section2.pdf
- Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. (2015). *Cadre de référence et guide à l'intention du milieu scolaire — L'intervention auprès des élèves ayant des difficultés de comportement*. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/adaptation_serv_compl/14_00479_cadre_intervention_eleves_difficultes_comportement.pdf
- Moll, K., Kunze, S., Neuhoff, N., Bruder, J. et Schulte-Körne, G. (2014). Specific learning disorder: Prevalence and gender differences. *PLoS one*, 9(7), e103537. doi.org/10.1371/journal.pone.0103537
- Morsanyi, K., McCormack, T. et O'Mahony, E. (2018). The link between deductive reasoning and mathematics. *Thinking & Reasoning*, 24(2), 234-257. doi.org/10.1080/13546783.2017.1384760
- Morsanyi, K., Prado, J. et Richland, L. E. (2018). The role of reasoning in mathematical thinking. *Thinking & Reasoning*, 24(2), 129-137. doi.org/10.1080/13546783.2018.1435425
- National Center on Response to Intervention (NCRTI). (Mars 2010). *Essentials Components of RTI — A Closer Look at Response to Intervention*. Washington, DC.
- Noël, M.-P. et Rousselle, L. (2011). Developmental Changes in the Profiles of Dyscalculia: An Explanation Based on a Double Exact-and-Approximate Number Representation Model. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 165. doi.org/10.3389/fnhum.2011.00165
- Nosworthy, N., Bugden, S., Archibald, L., Evans, B. et Ansari, D. (2013). A two-minute paper-and-pencil test of symbolic and nonsymbolic numerical magnitude processing explains variability in primary school children's arithmetic competence. *PloS one*, 8(7), e67918. doi.org/10.1371/journal.pone.0067918
- Passolunghi, M. C. (2011). Cognitive and Emotional Factors in Children with Mathematical Learning Disabilities. *International Journal of Disability, Development and Education*, 58(1), 61-73. doi.org/10.1080/134912X.2011.547351
- Ravthorn, N. (2008). *Effective school interventions* (2^e éd.). Evidence-based strategies for improving student outcomes. Guilford: NY.

- Schneider, M., Merz, S., Stricker, J., De Smedt, B., Torbeyns, J., Verschaffel, L. et Luwel, K. (2018). Associations of number line estimation with mathematical competence: A meta-analysis. *Child Development*, 89(5), 1467-1484. doi.org/10.1111/cdev.13068
- Schneider, M., Thompson, C. A. et Rittle-Johnson, B. (2017). Associations of magnitude comparison and number line estimation with mathematical competence: A comparative review. Dans P. Lemaire (Éd.), *Cognitive Development from a Strategy Perspective* (p. 118-137). New York: Routledge. doi.org/10.4324/9781315200446-7
- Siegler, R. S. et Shrager, J. (1984). *Strategy choices in addition and subtraction: How do children know what to do?* Dans C. Sophian (Éd.), *Origins of cognitive skills* (p. 229-293). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Siegler, R. S. (1987). The perils of averaging over strategies: An example from children's addition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116, 250-264. doi.org/10.1037/0096-3445.116.3.250
- Soares, N., Evans, T. et Patel, D. R. (2018). Specific learning disability in mathematics: a comprehensive review. *Translational pediatrics*, 7(1), 48. doi.org/10.21037/tp.2017.08.03
- Thibault, M.-P., Lenfant, M. et Helloin, M.-C. (2012). *Exalang 8-11, Bilan informatisé pour l'examen du langage et des compétences transversales chez l'enfant de 8 à 11 ans*. Mont-Saint-Aignan : Orthomotus.
- van Dijk, T. A., Kintsch, W. et Van Dijk, T. A. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- Vilette, B., Danet, M. et Dionne, A. (2017). L'anxiété mathématique à l'école primaire et sa relation avec les performances scolaires. *Rééducation orthophonique*, 269, 197-218.
- Von Aster, M. et Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868-873. doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x
- Wilson, A. J. et Dehaene, S. (2007). Number Sense and Developmental dyscalculia. Dans *Human Behavior learning, and the developing brain: atypical development* (chapitre 9, p. 212-238). New-York: Guilford Press.
- Wechsler, D. (2005). *Wechsler Individual Achievement Test 2nd edition (WIAT II)*. London : The Psychological Corporation.
- Wixson, K. K., Lipson, M. Y. et Valencia, S. W. (2013). Response to intervention for teaching and learning in language and literacy. Dans Swanson, Harris, & Graham. *Handbook of learning disabilities* (2^e éd.). New York: Guilford.
- Whitten, E., Demers, D. D., Esteves, K. J. et Woodrow, A. (2012). *La réponse à l'intervention : un modèle efficace de différenciation*. Montréal : Chenelière-éducation.

Correspondance :

Anne Lafay
Université Concordia, Faubourg Ste-Catherine
1616, rue Sainte-Catherine Ouest, bureau FG 6.209
Montréal (Québec) H3H 1L7
Téléphone : (514) 848-2424, poste 3328
Courriel : lafay_anne@yahoo.fr

Résumé

Les troubles de la cognition mathématique (touchant 1 à 10 % d'enfants) recouvrent un large spectre de difficultés et représentent un handicap majeur pour l'intégration scolaire, sociale et professionnelle. Le modèle de la réponse à l'intervention est axé sur la prévention des difficultés d'apprentissage et sur la différenciation des interventions auprès des élèves. Une composante de cette approche est l'évaluation approfondie des habiletés mathématiques. L'objectif de cet article est de présenter une démarche d'évaluation approfondie des habiletés mathématiques d'un enfant permettant d'établir un portrait de forces et faiblesses dans le but de guider l'intervention. Sont proposées : 1) une courte synthèse critique des outils d'évaluation mathématiques à la disposition des professionnels et de leurs qualités psychométriques; 2) une démarche d'évaluation approfondie des habiletés mathématiques et cognitives; et 3) une étude de cas.

Mots-clés : cognition mathématique; dyscalculie; trouble des apprentissages; évaluation; outils; diagnostic.

* * *

Abstract

Learning disabilities in mathematics (in 1 to 10% of school children) cover a broad range of specific difficulties and represent a major handicap for academic achievement, social and professional integration. The response-to-intervention model is centred on the prevention of learning difficulties and the differentiation of remedial interventions.

One component of this approach is the assessment of the mathematical skills. The aim of this article is to present a systematic approach to assess mathematical skills in order to highlight the child's strengths and weaknesses and provide relevant information for guiding a remedial intervention. We present: 1) a short critical synthesis of the tools available to professionals for assessing mathematical skills and their psychometric properties; 2) an approach for the assessment of mathematical and cognitive skills; and 3) a case study.

Keywords: math cognition; dyscalculia; mathematic learning disabilities; assessment; tools; diagnosis.