TROUBLES DU DÉVELOPPEMENT
PSYCHOLOGIQUE ET DES APPRENTISSAGES

LA DYSCALCULIE

TROUBLE DU DÉVELOPPEMENT NUMÉRIQUE DE L'ENFANT

Sous la direction de
Marie-Pascale Noël

SOLAL

Sommaire

Préface 9
Marie-Pascale Noël

Chapitre 1 15
Le point sur la question des compétences numériques précoces
Laurence Rousselle

Chapitre 2 41
Développement et troubles des processus de quantification
Anne-Sophie Lecointre, Raphaëlle Lépine et Valérie Camos

Chapitre 3 77
Le système symbolique arabe : acquisition, évaluation et pistes rééducatives
Aliette Lochy et Sandrine Censabella

Chapitre 4 105
La représentation sémantique du nombre : son développement et ses troubles
Marie-Pascale Noël

Chapitre 5 139
La résolution d'opérations arithmétiques au cours du développement
Delphine Gandini et Patrick Lemaire

Chapitre 6 169
Les troubles d'apprentissage en arithmétique : rôle de la mémoire de travail et des connaissances conceptuelles
David C. Geary

Chapitre 7 193
La résolution des problèmes
Michel Fayol, Catherine Thevenot et Michel Devidal

Chapitre 8 223
L'apprentissage des nombres rationnels et ses obstacles
Jacques Grégoire et Gaëlle Meert

Index des concept 253

Index des auteurs 257

LES AUTEURS

Marie-Pascale Noël
Docteur en psychologie
Chercheuse qualifiée au Fonds National de la Recherche Scientifique de Belgique
Unité de Cognition et Développement
Faculté de psychologie
Université Catholique de Louvain
10 place Cardinal Mercier
1348 Louvain-la-Neuve - Belgique

Laurence Rousselle
Doctorante en psychologie
Aspirante de recherche au Fonds National de la Recherche Scientifique de Belgique
Unité de Cognition et Développement
Faculté de psychologie
Université Catholique de Louvain
10 place Cardinal Mercier
1348 Louvain-la-Neuve - Belgique
Laurence.rousselle

Anne-Sophie Lecointre
Doctorante en psychologie
Laboratoire de l'étude de l'apprentissage et du développement (CNRS – UMR 5022)
Université de Bourgogne
Pôle AAFE
Esplanade Erasme
BP 26513 – 21065 Dijon Cedex France
a.sophie.lecointre@marine-mammal-cognition.de

Raphaëlle Lépine
Docteur en psychologie
Centre de recherche en psychologie de la Connaissance, du Langage et des Emotions, E.A. 3273
Université de Provence
29 avenue Robert Schuman
13621 Aix-en-Provence Cedex 1, France
raphaelle.lepine@up.univ-aix.fr

Valérie Camos
Professeur d'université
Laboratoire de l'étude de l'apprentissage et du développement (CNRS – UMR 5022)
Université de Bourgogne
Pôle AAFE - Esplanade Erasme
BP 26513 – 21065 Dijon Cedex France
valerie.camos@u-bourgogne.fr

Aliette Lochy
Docteur en psychologie
F.C. Donders Centre for Cognitive Neuroimaging
Univerisité de Nijmegen - P.O. Box 9101
NL-6500 HB Nijmegen, Pays-Bas
aliette.lochy@fcdonders.ru.nl

Sandrine Censabella
Doctorante en psychologie
Unité de Cognition et Développement
Faculté de psychologie
Université Catholique de Louvain
10 place Cardinal Mercier
1348 Louvain-la-Neuve - Belgique
Sandrine.censabella@psp.ucl.ac.be

Delphine Gandini
Doctorante
Université de Provence et Laboratoire de Psychologie Cognitive – CNRS
3 place Victor Hugo
13331 Marseille cedex 3, France

Patrick Lemaire
Professeur
Université de Provence et Laboratoire de Psychologie Cognitive – CNRS
3 place Victor Hugo
13331 Marseille cedex 3, France
lemaire@up.univ-mrs.fr

David C. Geary
Professeur d'université
Département des sciences psychologiques
210 McAlester Hall
Université du Missouri
Columbia, MO 65211-2500
GearyD@missouri.edu

Michel Fayol
Professeur des Universités
Directeur de l'UMR CNRS 6024
Université Blaise Pascal
24 avenue Carnot
63037 Clermont-Ferrand cedex France
fayol@srvpsy.univ-bpclermont.fr

Catherine Thevenot
Maître de Conférences
Université Paris 5

Michel Devidal
Inspecteur de l'éducation national
Docteur en psychologie

Jacques Grégoire
Professeur d'université
Unité de Psychologie de l'éducation et du développement
Faculté de psychologie
Université Catholique de Louvain
10 place Cardinal Mercier
1348 Louvain-la-Neuve - Belgique
Jacques.gregoire@psp.ucl.ac.be

Gaëlle Meert
Doctorante
Unité de Psychologie de l'éducation et du développement
Faculté de psychologie
Université Catholique de Louvain
10 place Cardinal Mercier
1348 Louvain-la-Neuve - Belgique
Gaelle.meert@psp.ucl.ac.be

PRÉFACE

L'objectif de ce livre est de transmettre au lecteur, qu'il soit enseignant des mathématiques, logopède, orthophoniste, neuropsychologue, orthopédagogue ou médecin scolaire ou parent, un résumé des connaissances actuelles relatives au développement numérique de l'enfant et aux difficultés qui peuvent être rencontrées dans cet apprentissage.

Les nombres, en effet, ne sont pas simplement l'objet d'un cours obligatoire à l'école mais font partie intégrante de notre vie de tous les jours. Lire, comprendre, opérer sur les nombres est indispensable, entre autres, pour s'orienter dans le temps, pour gérer et manipuler l'argent, pour quantifier le discret et le continu. Très précocement, ces dimensions font partie de la vie quotidienne des enfants. Ainsi, par exemple, mon fils Gabriel a 5 ans et demi. Dans moins de 2 semaines, le 11 juin très exactement, il aura 6 ans. Tous les matins, il examine le calendrier familial et compte le nombre de jours qu'il doit encore attendre avant le jour J. J'ai préparé avec lui les invitations pour la fête : 17 invitations ont été envoyées ! Ensemble, nous avons établi des listes et compté le nombre d'invitations et d'enveloppes nécessaires. Comme cadeau, il aimerait que son Papy lui donne de l'argent pour acheter des cartes *pokemon* : les cartes simples coûtent 50 cents pièce et les cartes plus rares deux euros. Dès lors, si son Papy lui donne 10 euros, il pourra s'acheter 20 cartes simples ou bien 5 rares... il hésite encore entre ces deux possibilités. Comme Gabriel adore cuisiner, il m'aidera très probablement à préparer le gâteau : c'est lui qui compte et apporte le nombre d'œufs ou de morceaux de sucre nécessaires, qui mélange la pâte et qui goûte aussi bien sûr ! On voit donc qu'autour de cette fête d'anniversaire, connaître les nombres et pouvoir les utiliser, les comparer, les additionner ou les soustraire, est important. Manipuler les nombres intervient également dans de nombreux jeux de société ou encore dans des activités comme dresser la table, partager des bonbons ou des jouets. Pour Gabriel, lire les nombres, compter, calculer, gérer son argent de poche est source de plaisir et les nombreuses questions qu'il pose à ce sujet montrent sa curiosité pour le domaine des nombres *(comment est-ce qu'on dit un « 1 » et un « 2 » ?*

J'ai une pièce de 50 cents et deux pièces de 20 cents, est-ce que ça fait 1 euro en tout?...). En septembre, il débutera l'enseignement primaire et il est fort à parier que les cours de mathématiques ne poseront pas de problème pour lui et serviront essentiellement à structurer un apprentissage qui a déjà débuté de manière informelle dans sa vie quotidienne. D'autres enfants, en revanche, n'ont pas cette attirance pour les nombres et ne semblent pas capter la logique et les règles qui régissent ce domaine. Le cours de mathématique visera alors à leur enseigner des notions dont ils n'ont pas fait (ou peu) l'expérience préalable et il est à craindre que des difficultés puissent apparaître dans ces apprentissages.

Les difficultés dans l'apprentissage numérique sont de natures diverses. Elles peuvent concerner la maîtrise des systèmes symboliques, y compris la lecture et l'écriture des nombres ou encore la compréhension sous-jacente du système en base 10. Elles peuvent toucher l'arithmétique proprement dite et consister en une incapacité, soit à mémoriser la réponse à des petits calculs (les tables de multiplication par exemple), soit à maîtriser les algorithmes de calculs écrits en colonnes. Elles peuvent aussi se manifester par une difficulté à résoudre les problèmes, qu'il s'agisse d'analyser la situation décrite, de dégager la question posée ou encore de mettre en œuvre une démarche de résolution adéquate.

Dans certains cas, ces difficultés correspondent à un simple retard d'apprentissage, mais il arrive souvent qu'elles persistent au cours du temps. Ainsi, par exemple, nous avons eu l'occasion de rencontrer Madame D lorsqu'elle avait 37 ans. Suite au décès de son mari, Madame D devait retrouver une activité professionnelle. Or, elle n'avait pu obtenir son diplôme de primaire à cause de ses difficultés importantes en mathématiques. Elle avait pour projet de devenir esthéticienne mais était angoissée à l'idée qu'après ses soins auprès des clients, elle serait bien en peine de rendre la monnaie correctement. En réalité, ses lacunes en mathématiques continuaient à l'handicaper dans sa vie quotidienne: dans les magasins, elle avait du mal à comparer le prix de deux produits ou à vérifier la monnaie rendue et elle avait toujours besoin de compter sur ses doigts pour réaliser des calculs simples alors que les calculs complexes étaient impossibles. Ainsi, dans des opérations simples de deux chiffres entre 1 et 9, Madame D produisit 15 % d'erreurs en addition (par exemple: 1 + 4 = 4; 3 + 5 = 9), 39 % d'erreurs en multiplications (exemple: 5 x 5 = 35; 7 x 4 = 21; 0 x 5 = 5) et elle se montra incapable de résoudre une seule division. Pourtant, Madame D avait maîtrisé les autres apprentissages scolaires: son niveau de lecture et d'écriture était absolument normal. En outre, ses difficultés n'étaient pas liées à une limitation intellectuelle puisqu'elle présentait un quotient intellectuel dans la norme (QI de performance de 105 mais QI verbal de 85 notamment dû à une note standard de 3 au sous-test d'arithmétique).

La vie en société n'exige pas des citoyens d'être des génies en mathématiques mais un bagage numérique minimal est nécessaire pour fonctionner dans le quotidien. Celui-ci inclut, a minima, de lire, écrire, comprendre, manipuler,

comparer, additionner, soustraire, multiplier et diviser des nombres entiers ou des nombres décimaux. Une difficulté importante à l'un de ces niveaux entraînera, outre un risque d'échec scolaire, une série d'handicaps dans le quotidien, une limitation dans les choix professionnels mais aussi diverses perturbations d'ordre psychoaffectif. A ce propos, notre collègue Londonien, Brian Butterworth (2004), rapporte quelques extraits d'un interview mené auprès de 5 enfants en difficultés d'apprentissage des mathématiques.

Modérateur: Comment les enfants se sentent-ils dans le cours de math quand ils perdent le fil ?
Enfant 1: C'est horrible.
Modérateur: Horrible ? Pourquoi donc ?
Enfant 1: Je ne sais pas.
Enfant 3 (chuchote) : Il le sait.
Modérateur: Allez, essaye de me dire.
Enfant 1: Tu te sens stupide.
Enfant 5: Je me sens exclu parfois.
Enfant 2: Oui !
Enfant 5: Quand je ne sais pas quelque chose, je voudrais être quelqu'un d'intelligent et je m'en veux.
Enfant 4: J'ai envie de pleurer et je voudrais être à la maison avec maman et je voudrais ne plus avoir à faire aucune math.

A la lecture de ces quelques échanges, on perçoit le désarroi de ces enfants et la souffrance qu'ils éprouvent à être systématiquement confrontés, tous les jours, à leurs difficultés. Pour beaucoup d'entre eux, cette incapacité à suivre les cours de mathématique les amène à un sentiment douloureux de dévalorisation personnelle. Une autre émotion négative fréquemment rencontrée chez ces enfants est l'anxiété mathématique, soit, un sentiment de tension et d'appréhension important qui apparaît par rapport aux activités mathématiques (Richardson & Suinn, 1972). Ainsi, Madame D dont nous venons de parler éprouvait une anxiété importante dans toute situation qui faisait appel aux nombres et montrait un score d'anxiété mathématique supérieur à la moyenne par plus de deux écart-types. Ces sentiments négatifs conduisent naturellement à un comportement d'évitement des activités numériques ce qui, à nouveau, accroît les difficultés préexistantes et le décalage par rapport aux pairs. Il est donc primordial de reconnaître l'existence de troubles spécifiques des apprentissages en mathématiques, de les diagnostiquer et de proposer puis de mettre en place, des prises en charge adaptées et efficaces.

Suivant les critères du DSM IV (American Psychiatric Association, 1994), le diagnostic de dyscalculie développementale doit répondre à trois critères : (1) des aptitudes arithmétiques, évaluées par des tests standardisés qui sont nettement en dessous du niveau escompté compte tenu de l'âge de la personne, de son niveau intellectuel et d'un enseignement approprié à son âge ; (2) une perturbation qui interfère de manière significative avec la réussite scolaire de l'enfant ou les activités de la vie courante et (3) des difficultés en mathématiques qui ne sont pas la résultante de déficits sensoriels. Une série d'études

épidémiologiques ont montré que plus de 6 % des enfants présentaient une difficulté d'apprentissage en mathématiques (6,4 % d'enfants tchécoslovaques de 10-12 ans, (Kosc, 1974), 6,3 % des enfants américains âgés de 7 à 14 ans (Badian, 1983) et 6,5 % des enfants israéliens de 9 ans (Gross-Tsur, Manor & Shalev, 1996).

Les causes sous-jacentes à la dyscalculie sont inconnues. Néanmoins, la dyscalculie n'est pas le propre d'enfants moins doués sur le plan intellectuel (voir, Gross-Tsur *et coll.*, 1996). Actuellement, quatre types d'hypothèses sont considérées de manières non exclusives pour expliquer l'apparition de ces difficultés. Suivant les hypothèses cognitives non numériques, de faibles capacités de mémoire de travail et des difficultés d'inhibition pourraient intervenir dans l'explication des difficultés éprouvées par les enfants dyscalculiques à mémoriser les faits arithmétiques. Suivant l'hypothèse cognitive numérique, la dyscalculie serait liée à un déficit de base de la capacité à se représenter la grandeur du nombre. D'autres travaux pointent la possibilité d'atypies neuro-anatomiques et/ou fonctionnelles au niveau pariétal, au niveau du siège de cette représentation de la grandeur numérique. Enfin, certaines données indiquent qu'une contribution génétique n'est pas à exclure.

Dans cet ouvrage, huit chapitres décrivent le développement numérique normal et les difficultés qui peuvent être rencontrées à ces niveaux par les enfants. Le premier de ces chapitres examine la littérature portant sur les compétences quantitatives observées chez les bébés et fait le point sur la question de savoir si ces compétences sont réellement de nature numérique ou pas. Dans le deuxième chapitre, les processus de quantification sont abordés. Plus précisément, les processus de dénombrement et de subitizing sont décrits tant du point de vue des modèles théoriques que du développement normal et des difficultés qui peuvent apparaître suite, notamment, à des troubles langagiers ou moteurs. Le troisième chapitre récapitule les phases d'acquisition, par l'enfant, des codes symboliques, comme les numéraux verbaux oraux et les numéraux arabes, et s'intéresse plus particulièrement aux processus de traduction d'un code à l'autre, soit, le transcodage. Dans ce cadre, est discutée la question du rôle de la structure verbale des nombres et des ressources en mémoire de travail. La représentation sémantique du nombre et son développement est au cœur du chapitre quatre. La nature de cette représentation est discutée en s'interrogeant notamment sur le caractère analogique ou décimal de cette représentation, sur l'influence des codes symboliques sur son développement et sur la possibilité qu'un déficit de base à ce niveau soit la cause majeure des dyscalculies développementales. Les chapitres cinq et six sont centrés autour de la résolution des opérations arithmétiques. En particulier, ils décrivent les changements de stratégies mises en place par les enfants pour réaliser des calculs et les difficultés que peuvent rencontrer les enfants dyscalculiques dans ce processus. Les auteurs examinent également le rôle de la mémoire de travail et des connaissances conceptuelles relatives aux opérations dans l'apparition de difficultés d'apprentissage à ce niveau. Le chapitre sept aborde la question de la résolution des problèmes et démontre combien il s'agit là d'exercices qui dépassent de loin la simple réalisation de calculs. Enfin, le chapitre

huit s'ouvre sur les nombres rationnels, et, en particulier, les fractions et identifie une série d'obstacles qui rend cet apprentissage particulièrement difficile. Dans chacun de ces chapitres, les auteurs ont résumé et discuté les données relatives au développement normal des compétences en question. Ils ont également décrit les difficultés qui pouvaient être rencontrées à ces niveaux et, autant que possible, indiqué les outils d'évaluation disponibles et lancé des pistes de remédiation.

Pour terminer, qu'il me soit permis ici de remercier James Rivière pour son invitation à superviser la rédaction d'un ouvrage sur le développement numérique et la dyscalculie chez l'enfant, les éditions Solal pour publier cet ouvrage, le Fonds National de la Recherche Scientifique pour son soutien financier, les auteurs, amis, collègues, qui ont généreusement accepté de collaborer à ce projet et, surtout, Marie Bronchart pour sa relecture attentive de ce manuscrit.

Marie-Pascale Noël

RÉFÉRENCES

American Psychiatric Association (1994). *DSM IV.- manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux.* Traduction française par J.-D. Guelfi. Masson, Paris, 1996.

Badian, N.A. (1983). Dyscalculia and nonverbal disorders of leaming. In H.R. Myklebust (Ed.), *Progress in learning disabilities. (vol* 5, pp. 235-264). New York: Stratton.

Butterworth, B. (2004). Is dyscalculie due to a « defective number module ». Conference presented at the *« Learning and brain research: 2nd literacy and numeracy networks meeting ».* 1-2-3 March, El Escorial, Spain.

Gross-Tsur, V., Manor, O., et Shalev, R.S. (1996). Developmental dyscalculie: prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology, 38,* 25-33.

Kosc, L. (1974). Developmental dyscalculie. *Journal oflearning disabilities, 7,* 165-177.

Richardson, F.C. & Suinn, R.M. (1972). The Mathematics Anxiety Rating Scale. *Journal of CounsellingPsychology, 19,* 551-554.