

Validité du module Numération de la batterie d'évaluation mathématique Examath 5-8

Anne LAFAY *, Elodie BETIN **, Marie-Christel HELLOIN ***

* Maîtresse de conférences universitaire, département de psychologie de l'Université Savoie Mont Blanc, Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition du CNRS, Chambéry, France

* Chercheuse associée, département des sciences de l'éducation, Concordia University, Montréal, Canada

* Orthophoniste

** Orthophoniste, France

** Au moment de l'étude : étudiante en 5e année au Centre de Formation Universitaire en Orthophonie de l'université Claude Bernard Lyon 1, France

*** Orthophoniste, France

*** Chargée de cours au Centre de Formation Universitaire en Orthophonie de l'université de Rouen, France

Adresses de correspondance :

Anne Lafay, email : lafay_anne@yahoo.fr

Marie-Christel Helloin, email : mc.helloin@gmail.com

Résumé :

La compréhension du système de numération décimale à valeur positionnelle est essentielle au traitement des nombres. Sa maîtrise est un prédicteur des compétences arithmétiques futures. C'est une compétence difficile à acquérir, également pour les enfants au développement typique. Évaluer la compréhension approfondie du système de numération décimale à valeur positionnelle est primordial ; pourtant, peu d'outils à la disposition des orthophonistes permettent d'évaluer cette compétence pour les enfants en apprentissage, c'est-à-dire entre 5 et 8 ans. Les objectifs de cette recherche étaient de vérifier la cohérence interne des épreuves et du module Numération de la nouvelle batterie Examath 5-8, sa validité concomitante, sa validité de construit en lien avec les caractéristiques des individus (la classe) et l'établissement de normes critériées. L'échantillon était composé de 15 enfants de GSM, 12 enfants de CP et 14 enfants de CE1, sans suivi orthophonique pour des difficultés mathématiques, dans deux écoles différentes. Le matériel utilisé était composé des épreuves du module Numération d'Examath 5-8 et du Tedi-math ainsi que du PicPVT. Les résultats ont montré que le module Numération d'Examath 5-8 possède une bonne cohérence interne, une bonne validité concomitante et une bonne validité de construit en lien avec les caractéristiques des individus (la classe). L'établissement d'une norme critériée a permis de montrer que les nouvelles tâches d'évaluation du système de numération décimale à valeur positionnelle sont adaptées et permettent d'observer les compétences en numération des enfants en apprentissage. D'autres propriétés psychométriques doivent être évaluées pour permettre la validation de cette nouvelle batterie, comme la validité de surface, la validité prédictive ou la validité discriminante (sensibilité).

Mots clés : Évaluation, Mathématiques, Numération, Valeur positionnelle, Examath 5-8

Validity of the base-ten number system module of the mathematical test Examath 5-8

Summary:

Understanding the place-value number system is essential to number processing. It predicts the later arithmetic skills. Even typically developing children struggle to acquire it. Assessing the place-value number system understanding is crucial. However, there are few tools available to speech-language therapists to assess this skill in learners between five and eight years old. The aim of this research was to verify the internal consistency of the Number system module of Examath 5-8, its concurrent validity, its construct validity in relation to individual characteristics (grade), and to develop criterized norms. The sample was composed of 15 children in kindergarten, 12 children in first grade, and 14 children in second grade. These children were from two different schools and had no intervention from a speech-language therapist for mathematics difficulties. Number system tasks from Examath 5-8, Tedi-Math, and PicPVT were used. The results showed that the Number system module of Examath 5-8 demonstrated good internal consistency, good concurrent validity, and good construct validity in relation to individual characteristics (grade). The creation of criterized norms allowed to demonstrate that the new place-value number system assessment tasks are adapted and allow to observe children's place-value skills. Other psychometric properties need to be investigated, such as surface validity, predictive validity, or discriminant validity (sensitivity).

Keywords: Evaluation, Mathematics, Numeration, Place value, Examath 5-8

-----INTRODUCTION-----

1. Le système de numération indo-arabe

Le système de numération indo-arabe est le fruit de longues évolutions culturelles (Dehaene, 2010). Son efficacité réside dans sa capacité à coder des nombres infiniment grands avec un ensemble fini de symboles (c'est-à-dire, dix chiffres), grâce à son système de position (Herzog et al., 2019). La compréhension et l'utilisation de ce système de numération est centrale à toute activité numérique (Nuerk et al., 2015).

Ce système repose sur trois valeurs (Chandler & Kamii, 2009 ; Fuson et al., 1997) et un principe. La valeur positionnelle indique que la position des chiffres code une valeur particulière : ainsi l'unité se trouve à droite, la dizaine à sa gauche, la centaine à gauche de la dizaine, etc. (par exemple, dans 234, 3 est à la position des dizaines). La valeur multiplicative indique que chaque chiffre correspond au nombre de fois que la valeur est présente (par exemple, dans 234, 3 signifie qu'il y a 3 fois quelque chose, ici la dizaine). La valeur somme indique que toutes les valeurs des chiffres sont additionnées entre elles pour former la valeur du nombre. Enfin, selon le principe décimal, les différentes unités sont liées entre elles par des relations décimales : dix unités d'un certain ordre sont égales à une unité de l'ordre immédiatement supérieur (par exemple, dix unités forme une dizaine). L'acquisition de la valeur positionnelle (VP) est l'objet de nombreuses difficultés chez l'enfant (Hanich et al., 2001).

La compréhension du système de numération à VP est primordiale pour le traitement des nombres à plusieurs chiffres (Nuerk et al., 2015) et essentielle à la réalisation de nombreuses tâches mathématiques. Une compréhension du système de numération à VP dès la maternelle (exemple de tâche : représenter des nombres avec des objets de manipulation de type bloc-10) soutient de meilleurs choix de stratégies de calcul en classe de CE1, c'est-à-dire une utilisation de la décomposition de nombres plutôt que le comptage ou la récupération en mémoire à long terme (Laski et al., 2016). Moeller et al. (2011) ont démontré que la réussite à la tâche de comparaison de nombres en classe de CP est un marqueur de la compréhension du système de numération à VP et que ce marqueur est un prédicteur des performances mathématiques en CE2. Réciproquement, de faibles compétences de compréhension et d'utilisation de la VP peuvent être prédictives - et une source - de difficultés en mathématiques (Cawley et al., 2007 ; Desoete, 2015). Chan et al. (2017) ont d'ailleurs décrit trois types de trajectoires développementales liées à cette compétence : les enfants déjà performants qui ont peu de marges de progression, les enfants moins performants qui rattraperont les compétences du premier groupe avec une belle progression et les enfants en difficultés qui maintiendront leur écart en CE1. Ainsi, la mesure de la compréhension du système de numération à VP présente un enjeu de taille pour l'évaluation des troubles mathématiques.

2. Le développement de la compréhension du système de numération

La compréhension et l'utilisation du système de numération nécessitent un apprentissage formel et explicite. Herzog et al. (2019) décrit quatre stades dans un modèle de développement conceptuel.

Avant le premier stade, les enfants n'ont aucune conscience des valeurs des chiffres au sein du nombre. Les nombres leur apparaissent comme un ensemble d'unités. À ce niveau, ils sont capables de décomposer un nombre, mais n'utilisent pas particulièrement la base 10. Plusieurs données expérimentales confirment cela. Les enfants en maternelle ont plus de facilités à isoler

l'unité d'un nombre (ex : 3 dans 23) que la dizaine (ex : 2 dans 23) (McGuire & Kinzie, 2013). Ceci s'explique par le fait que pour envisager une dizaine, il faut concevoir le concept de regroupement, c'est-à-dire considérer un groupe comme une unité (principe décimal de la numération), qui est essentiel à l'acquisition de la VP (Cobb & Wheatley, 1988). Selon Gelman et Meck (1983), le concept de l'unité est acquis autour de 3 ans. Le concept de regroupement, allant à l'encontre du concept de l'unité, est acquis plus tardivement (Fosnot & Dolk, 2001). Les enfants en début d'apprentissage produisent beaucoup d'erreurs dites littérales lorsqu'ils écrivent des nombres (par exemple, écrire « 402 » ou pour « quarante-deux »), suggérant qu'ils n'ont pas acquis les valeurs et principes de système de numération (Byrge et al., 2014). Le prérequis de ce stade est l'acquisition du concept des chiffres de 1 à 9 (Cawley et al., 2007).

Le premier stade est atteint grâce à l'entrée dans l'apprentissage formel (à 6-7 ans en CP en France) : les enfants commencent à distinguer les unités de regroupement par le vocabulaire « unité, dizaine ». Les enfants sont ainsi capables de nommer les positions des chiffres (ex : dire que 8 dans 82 est une dizaine) à partir de connaissances déclaratives sans que la compréhension de la relation entre les unités de regroupement soit nécessaire. Ces unités de regroupement restent sans lien entre elles. À ce stade, les constructions et les décompositions de nombres sont canoniques, c'est-à-dire se basant sur des groupes de 10.

Au deuxième stade, les enfants comprennent la relation entre les dizaines et les unités s'ils disposent d'un support visuel. Le concept de la dizaine n'est pas assez élaboré pour former une unité de regroupement, les enfants ont besoin de vérifier la relation en comptant les unités dans chaque dizaine. Ils peuvent manipuler des représentations non-canoniques – non-organisées en dizaines et unités – s'ils ont un support visuel pour structurer leurs regroupements. La compréhension de la VP semble essentiellement fonctionnelle à ce stade, c'est-à-dire suffisante pour la manipulation, mais non conceptuelle.

Le troisième stade est atteint lorsque la relation unité-dizaine est suffisamment intériorisée pour pouvoir se passer de support visuel : les enfants n'ont plus besoin de vérifier l'équivalence de dix unités dans une dizaine. La manipulation de représentations non-canoniques sans support visuel devient possible. Cependant, l'abstraction de la relation entre dizaines et unités ne se généralise pas aux unités de regroupement supérieures comme la centaine. Pour ce type de grandeurs, les enfants ont besoin à nouveau d'un support visuel pour construire et vérifier la relation entre les dizaines et les centaines par le comptage.

Le quatrième et ultime stade est atteint lorsque la généralisation des regroupements est acquise aux grandeurs supérieures. Aucune limitation d'ordre de grandeur n'est observée. Le modèle s'achève à ce stade : le système de numération est acquis. Les principes fondamentaux de la compréhension approfondie du système de numération sont la capacité de regroupement par dix, la connaissance des positions des chiffres dans le nombre et la capacité à composer et décomposer de manière flexible les nombres (Ladel & Kortenkamp, 2016 ; Van de Walle et al., 2004).

Chan et al. (2017) analysent les compétences des enfants de CP sur une épreuve d'identification de quantités à partir de représentations par du matériel (petits cubes pour les unités, barres pour les dizaines et carrés pour les centaines). La tâche est d'écrire le nombre correspondant au matériel donné. Plusieurs erreurs correspondent au modèle : l'absence de valeur de position (ex : 5 dizaines et 4 unités comptées 9) correspondant au stade 0 ; des erreurs d'écriture terme à terme avec une valeur de position mais sans intégration des deux parties (ex : 504 pour 5 dizaines et 4 unités) correspondant au stade I ; des erreurs de regroupement lorsque les

représentations ne sont pas canoniques (ex : 2 dizaines, 3 unités, 4 dizaines écrit 234), correspondant au deuxième stade. D'autres erreurs ne s'intégrant pas au modèle ont été observées, comme des erreurs de comptage après le passage du 9 (ex : « 27, 28, 29, 40 »), qui soulignent la difficulté de la gestion du changement de dizaines. Ces erreurs témoignent de la complexité de cet apprentissage. Le développement de l'automatisation du traitement des nombres s'effectue plus tard dans les classes du CE1 au CM1 (Mann et al., 2012).

3. État des lieux des outils d'évaluation du système de numération

Dans la recherche, plusieurs tâches expérimentales ont été mises au point pour tester la compréhension et l'utilisation du système de numération. Les premières sont des tâches de jugement. La tâche de comparaison de nombres indo-arabes demande de désigner quel est le plus grand ou le plus petit nombre d'une paire de nombres (en contrôlant la compatibilité entre dizaines et unités ; paires compatibles 42 vs. 57 ; paires incompatibles 47 vs 63 ; Moeller et al., 2011). La tâche de décomposition de nombres demande de juger de l'adéquation entre un nombre indo-arabe et une phrase mathématique (ex : choisir entre $2+7$, $20+7$, $20+70$ et $2+70$ pour le nombre 27 ; Lafay et al., 2020). Le jugement d'opérations avec retenue demande de juger si une opération posée est correcte ou non (Moeller et al., 2011). Deuxièmement, certaines tâches sont des tâches de production de nombres. Il existe la dictée de nombres indo-arabes (Dietrich et al., 2016) et la création de nombres avec des chiffres donnés (ex : créer le plus grand nombre possible avec les chiffres 1, 7 et 5 ; Laski et al., 2016). Les enfants doivent utiliser des objets concrets représentant les unités, les dizaines et les centaines. Par exemple, les enfants disposent d'une représentation de quantité (ex : 3 carrés, 2 barres, 1 carré, 3 barres, 3 petits cubes) et doivent compter et écrire le nombre indo-arabe correspondant (ex : 453 ; Chan, 2014 ; Chan et al., 2017). La tâche dans le processus inverse demande aux enfants de produire avec les objets la quantité qui correspond à un nombre indo-arabe donné (Lafay et al., 2020). Certaines tâches utilisent des représentations figurales des objets concrets plutôt que les objets eux-mêmes (Chan, 2014 ; Chan et al., 2017). Enfin, il existe des tâches de désignation, il s'agit d'identifier explicitement le chiffre des unités, dizaines ou centaines d'un nombre, ou de désigner, après avoir représenté un nombre indo-arabe avec un type de matériel, quels objets représentent chaque chiffre composant le nombre.

Trois batteries en langue française à disposition des orthophonistes proposent de tester la maîtrise de la compréhension du système de numération chez les enfants âgés de 5 à 8 ans (Lafay & Cattini, 2018). La batterie Tedi-math (Van Nieuwenhoven et al., 2001) propose un module nommé « Compréhension du système numérique » conçu en quatre sous-tests dans lesquels l'enfant doit identifier le chiffre des unités/dizaines au sein de nombres de deux à trois chiffres, lire et écrire des nombres, mais aussi identifier, avec ou sans manipulation, représenter un nombre avec des bâtonnets/pièces. Ces épreuves ne sont présentées qu'à partir du CE1. Au sein de son module de numération, la batterie B-LM (Métral, 2008) propose une tâche : après avoir dénombré une collection de jetons, l'enfant doit écrire le nombre correspondant en code indo-arabe puis dire oralement ce qu'est une unité et une dizaine, montrer dans le nombre le chiffre des unités et celui des dizaines, et enfin donner le nombre de jetons correspondant au chiffre des unités puis au chiffre des dizaines. Il est attendu que l'enfant donne quatre jetons pour le 4 de 24 et vingt jetons pour le 2 de 24. Cette épreuve comporte un seul item et la batterie ne fournit pas de normes. La batterie présentée dans l'ouvrage *Difficultés en mathématiques, évaluation et rééducation* (Koppel, 1998) dispose d'une partie intitulée « Compréhension de la transcription du nombre au-delà de neuf ». Cette partie demande à l'enfant de montrer le chiffre des dizaines au sein d'un nombre ou, à l'inverse, de dire ce que représente un chiffre donné au sein du nombre présenté. Cette épreuve comporte un seul item et la batterie ne fournit pas de

normes. Dans ces trois batteries, il est surtout question de tester le vocabulaire mathématique et, lorsque la compréhension approfondie du système de numération est évaluée, elle l'est seulement en CE1 ou avec peu d'items. Il subsiste un écart trop important entre les outils déployés en recherche et ceux en clinique.

----- OBJECTIFS -----

La compréhension du système de numération est un précurseur des compétences arithmétiques futures. Pourtant, trop peu d'outils évaluant la compréhension du système de numération sont à la disposition des orthophonistes, et ces outils ne testent pas une maîtrise approfondie du système de numération et sont seulement accessibles pour les CE1, qui plus est. Il subsiste un réel besoin d'outils testant les capacités d'enfant en apprentissage. Ce nouvel outil, pour répondre à ce manque, doit être élaboré en s'inspirant des outils existants dans les études expérimentales mais doit être normé et étalonné à l'échelle d'une plus grande population pour être utilisable en clinique. Helloin et Lafay (2021) ont développé un module d'évaluation de la numération au sein d'une batterie d'évaluation des habiletés mathématiques de l'enfant entre 5 et 8 ans, correspondant aux classes de GSM jusqu'au CE1. Cette batterie est nommée Examath 5-8. Pour évaluer la compréhension du système de numération décimale à VP, le module comporte cinq tâches (décrites en Méthode). Les enfants de GSM n'ont *a priori* pas de connaissances formelles sur le système de numération puisque le système de numération n'est enseigné qu'à partir du CP en France. Cependant, nous avons volontairement choisi d'intégrer les enfants de ce niveau de classe et de leur proposer les mêmes tests qu'au CP et CE1. L'étude est exploratoire et vise à valider le choix d'étalonner – ou non – ces épreuves. Tester des GSM, des CP et des CE1 permet alors d'obtenir des données expérimentales pour justifier l'intégration ou l'élimination d'un niveau de classe à l'étalonnage des épreuves. De plus, les enfants sont parfois capables d'inférer des règles implicitement. Nous voulions nous assurer de faire un choix éclairé quant à l'âge d'étalonnage de ces épreuves

Un outil d'évaluation doit répondre à certaines propriétés psychométriques pour être considéré de bonne qualité. Cet outil doit être standardisé, valide, fidèle et posséder des données normatives (Lafay & Cattini, 2018). La standardisation concerne l'uniformité des conditions de passation et de cotation afin de limiter l'effet de la subjectivité de l'administrateur du test. La validité fait référence au degré auquel un test mesure réellement ce qu'il prétend mesurer. Elle concerne la validité de surface, la validité de contenu, la validité de critère, la validité de construit, la validité discriminante, la sensibilité. La fidélité d'un test porte sur son degré de cohérence, de précision et de reproductibilité. Elle concerne la stabilité temporelle, inter-juges, et parallèle, ainsi que la cohérence interne. Une norme correspond à la distribution des scores obtenus par un échantillon de personnes, représentatif d'une population définie, à un instrument administré dans des conditions standardisées (Lafay & Cattini, 2018). Le qualificatif critérié renvoie à une notion de quantification et permet de mesurer une habileté particulière en termes de niveau de maîtrise (Glaser, 1963). Doit être défini un seuil de réussite ou de maîtrise par la moyenne et les écarts-types des scores de l'échantillon.

Les données recueillies sur ces nouvelles épreuves permettront de valider les tâches et pourront aussi permettre d'enrichir les données développementales de la recherche sur les capacités des enfants de ces niveaux scolaires. Dans une visée prospective, les enfants ont effectué l'ensemble des tâches, quelle que soit leur classe. Les données obtenues permettront de réaliser les ajustements nécessaires à l'amélioration des tâches.

L'objectif général est d'étudier la validité et d'évaluer certaines propriétés psychométriques du module de numération de la batterie d'évaluation Examath 5-8. Un objectif secondaire est d'étudier les compétences des enfants entre 5 et 8 ans aux tâches évaluant la compréhension et l'utilisation du système de numération à VP. Les questions de recherche et les hypothèses sont les suivantes :

1. Quelle est la cohérence interne du module de numération de la batterie Examath 5-8 ? Les épreuves de ce module de la batterie d'Examath 5-8 devraient être corrélées entre elles.
2. Quelle est la cohérence interne de chaque épreuve du module de numération de la batterie Examath 5-8 ? Les épreuves de numération de la batterie d'Examath 5-8 devraient avoir un alpha de Cronbach acceptable.
3. Quelle est la validité concomitante du module de numération de la batterie d'évaluation Examath 5-8 ? Les scores aux épreuves de transcodage d'Examath 5-8 seraient corrélés aux scores des épreuves de transcodage de la batterie Tedi-Math (hypothèse 3a). Les scores aux épreuves de compréhension du système de numération d'Examath 5-8 seraient corrélés aux scores de l'épreuve Pic PVT et aux scores des épreuves sur le système de numération de la batterie Tedi-Math (hypothèse 3b).
4. Quelle est la validité de construit en lien avec les caractéristiques développementales des enfants du module de numération de la batterie d'évaluation Examath 5-8 ? Les enfants scolarisés en CE1 obtiendraient de meilleurs scores et temps de réponse que les enfants scolarisés en CP qui eux-mêmes obtiendraient de meilleurs scores et temps de réponses que les enfants scolarisés en GSM, ce pour l'ensemble des tâches.
5. Quelle norme critériée du développement de la compétence en numération est-il possible de développer ? Pour cela, nous analyserons si les groupes d'enfants obtiennent un score suffisant pour considérer la notion acquise sur ces nouvelles épreuves, mais également les types d'erreurs commises par les enfants scolarisés dans chaque niveau.

----- MÉTHODOLOGIE -----

1. Participants

Le recrutement a pris la forme d'une large prospection visant les écoles publiques et privées de Lyon. Deux écoles privées ont accueilli le projet au sein de leur établissement. Une notice d'information à destination des parents ainsi qu'un visuel ont été diffusés par les établissements aux parents d'élèves. Les parents ou responsables légaux des enfants ayant participé à l'étude ont signé un document de non-opposition à la participation. Les critères d'inclusion étaient : (a) être en classe de GSM, CP ou CE1, (b) ne pas bénéficier ou ne pas avoir bénéficié d'une prise en soin orthophonique concernant la cognition mathématique, (c) être scolarisé·e, (d) être francophone en première, seconde ou troisième langue. L'échantillon final est composé de 15 enfants de GSM (âge : $M = 5.4$; $ET = 0.3$), 12 enfants de CP (âge : $M = 6.8$; $ET = 0.2$) et 14 enfants de CE1 (âge : $M = 7.4$; $ET = 0.3$). De par le public accueilli dans ce type d'établissement, les participants appartenaient pour une grande majorité à une catégorie socio-professionnelle élevée.

2. Mesures

a. Examath 5-8

Cinq épreuves pilotes développées dans le cadre du projet d'élaboration d'Examath 5-8 (Helloin & Lafay, 2021) ont été utilisées. La construction des épreuves d'Examath 5-8 a été réalisée à partir des travaux scientifiques en psychologie cognitive et en psychologie de l'éducation principalement, cités en introduction (par exemple : Dietrich et al., 2016 pour les épreuves de maîtrise des codes (transcodages : lecture et dictée) ; Chan, 2014 ; Chan et al., 2017 ; Lafay et al., 2020 pour les épreuves de compréhension du système de numération).

Transcodage en lecture. L'épreuve de lecture de nombres évalue le passage du code arabe au code oral. Le stimulus est visuel, un nombre en écriture arabe apparaît à l'écran et l'enfant doit le lire (en donner le mot-nombre). Trente items sont proposés, allant progressivement de nombres d'un à quatre chiffres et organisés en trois sous-épreuves (nombres inférieurs à 30, nombres de 31 à 99, nombres à trois et quatre chiffres). Le critère d'arrêt est fixé à quatre erreurs consécutives. Un point est donné par bonne réponse. Le score de chaque sous-partie est sur 10, le total sur 30. Le temps moyen de réponse par item lu correctement est calculé.

Transcodage en dictée. L'épreuve Transcodage en dictée de nombres a pour objectif l'évaluation du passage du code oral au code arabe. Le stimulus est auditif : une même voix humaine énonce chaque item et l'enfant doit écrire le nombre en code arabe sur une feuille blanche. L'expérimentatrice saisit au clavier la réponse écrite par l'enfant. Les 30 items vont progressivement de nombres d'un à quatre chiffres, organisés en trois sous-épreuves (nombres inférieurs à 30, nombres de 31 à 99, nombres à trois et quatre chiffres). Un point est donné par bonne réponse. Le critère d'arrêt est fixé à quatre erreurs consécutives. Le score de chaque sous-partie est sur 10, le total sur 30. Le temps moyen de réponse par item lu correctement est calculé.

UDC. L'épreuve UDC (Unité-Dizaine-Centaine) évalue la compréhension du système de numération décimale à VP. Une première sous-épreuve appelée Arabe-Analogique demande à l'enfant de produire, avec un matériel virtuel, la représentation analogique du nombre présenté en code indo-arabe. Le matériel est représenté à l'écran par un cube (ou une bille) pour l'unité et une barre (ou une boîte de billes) pour la dizaine où apparaissent les dix cubes (billes) qui la composent. L'enfant montre à la testeuse le matériel à déposer dans une zone dédiée de l'écran. Six items de nombres à deux chiffres sont proposés (de 13 à 74). Un point est donné si le total est juste avec exclusivement les unités (par exemple : 13 unités pour la cible 13, et non une dizaine et trois unités) ; deux points sont accordés si le total est juste avec au moins une partie des dizaines (par exemple : deux dizaines et treize unités pour 33) ; trois points sont accordés si le total est juste avec le nombre attendu de dizaines et d'unités. Le score total est sur 18. Dans la seconde sous-épreuve, appelée Analogique-Arabe, est présentée à l'enfant la représentation imagée du nombre dans le code analogique avec le même matériel virtuel que précédemment, et l'enfant doit écrire le nombre correspondant en code arabe sur un papier libre. Six items sont proposés, un point est donné pour chaque bonne réponse, le score total est sur 6. Le score total de l'épreuve UDC est sur 24.

Valeur des chiffres. L'épreuve Valeur des chiffres évalue l'acquisition de la connaissance et la compréhension de la valeur positionnelle et de la valeur multiplicative du système de numération. Il s'agit de juger une association entre un chiffre souligné au sein d'un nombre et d'une quantité de points (code analogique). L'enfant doit répondre oralement par « vrai » ou « faux ». Quinze items proposent des nombres à deux ou trois chiffres (de 13 à 945). Un point

est donné par bonne réponse pour un score total sur 15. Deux exemples d'items sont proposés dans la Figure 1.

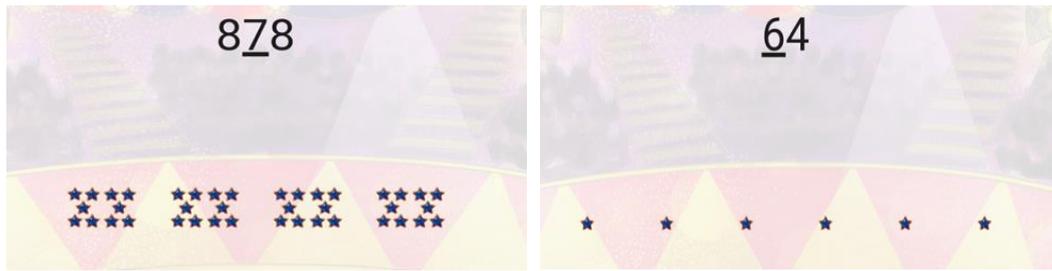


Figure 1

Capture d'écran d'items proposés dans Valeur des chiffres.

Notes. A gauche, erreur sur la valeur multiplicative (4 dizaines au lieu de 7 dizaines). A droite, erreur sur la valeur positionnelle (6 unités au lieu de 6 dizaines). D'autres items sans erreur. Le visuel présenté dans la présente étude n'est pas le visuel définitif présenté dans la batterie Examath 5-8 distribuée.

Décomposition additive. L'épreuve de Décomposition additive consiste à juger une décomposition additive de nombres présentés en code arabe (exemple : $13 = 10 + 3$). L'enfant doit répondre oralement par « vrai » ou « faux ». Dix items sont proposés. Parmi les stimuli erronés, on retrouve des erreurs de juxtaposition (exemple : $54 = 5 + 4$), des erreurs liées aux irrégularités du français (exemple : $89 = 4 + 20 + 9$), des erreurs liées à une compréhension partielle du système de numération (exemple : $182 = 10 + 82$). Enfin, certains items cumulent plusieurs types d'erreurs, comme l'item $75 = 60 + 5$ qui compte une erreur liée aux irrégularités du code oral et une erreur de calcul. Un point est donné par bonne réponse, permettant un score sur 10.

b. Autres tests

Tedi-math. Deux épreuves de la batterie Tedi-math (Van Nieuwenhoven et al., 2001) ont été utilisées pour évaluer la maîtrise des codes (transcodage en lecture de 20 nombres allant de un à trois chiffres et transcodage en dictée de 20 nombres allant de un à trois chiffres, scores respectifs sur 20 et 20). La compréhension du système de numération en base 10 est évaluée en quatre sous-épreuves. La première est une tâche de représentation de nombres avec du matériel concret (bâtonnets seuls ou attachés en groupe de 10). Trois items sont proposés, pour 3 points. La seconde est une tâche de représentation mentale sans matériel. Par exemple, la testeuse demande à l'enfant : « Un paquet est toujours fait avec 10 bâtonnets. Si j'ai 14, je peux avoir combien de paquets et il restera combien de bâtonnets tout seuls ? ». Quatre items sont proposés, pour 4 points. La troisième sous-épreuve est une tâche de manipulation en représentation mentale. Par exemple la testeuse demande : « J'ai 15 bâtonnets. Je veux donner 7 bâtonnets à mon ami. Est-ce que je dois ouvrir un paquet ou bien est-ce que j'ai assez de bâtonnets tout seuls ? Pourquoi ouvrir un paquet ? ». Quatre items sont proposés, pour 4 points. Enfin, une tâche de connaissance du vocabulaire mathématique est proposée : l'enfant doit entourer le chiffre des unités (5 items, 5 points), puis le chiffre des dizaines (5 items, 5 points), sur des nombres écrits en code indo-arabe de un à trois chiffres. Le score total du module « Compréhension du système de numération » est sur 21 points.

PicPVT. La tâche Picture Place Value Task (PicPVT ; Osana et al., 2018) évalue la compréhension de la valeur positionnelle. Elle consiste en un jugement d'associations entre un chiffre souligné au sein d'un nombre et une représentation analogique : groupe de points représentant une unité, une dizaine et une centaine. L'enfant répond oralement « vrai » ou « faux ». La tâche comporte 20 items qui pouvaient être corrects ou pouvaient porter sur une erreur sur la valeur positionnelle (un point par bonne réponse, score sur 20).

3. Procédure

La passation des tests s'est déroulée au sein des écoles, sur le temps scolaire, dans une salle mise à disposition, en décembre 2020. Les passations étaient individuelles et menées par la deuxième autrice. Les participant·e·s ont été vu·e·s une unique fois. Les règles sanitaires en vigueur liées à la covid-19 ont été respectées. Les consignes de passation des épreuves ont été scrupuleusement respectées. Toutes les données ont été recueillies anonymement.

L'ordre de passation des tâches a été randomisé. La randomisation a été effectuée à l'aide du site Random.org. Ont été générées 45 suites (objectif initial du nombre de participants). Ces suites, composées des neuf épreuves, ont été construites avec les contraintes suivantes : elles devaient être uniques, ne pas faire suivre les deux épreuves de dictée (Examath 5-8 et Tedi-math), les deux épreuves de lecture (Examath 5-8 et Tedi-math) et enfin les deux épreuves de jugement d'association en code analogique et arabe (Examath 5-8 et PicPVT). Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS version 22.

----- RÉSULTATS -----

1. Analyse de la cohérence interne du module Numération d'Examath 5-8

Une analyse de corrélation de Pearson a été réalisée entre les cinq épreuves du module Numération d'Examath 5-8. Les résultats montrent que les scores de chaque épreuve d'Examath 5-8 sont significativement et positivement corrélés entre eux : Lecture et Dictée ($r^2 = .98, p < .001$), Lecture et Décomposition additive ($r^2 = .80, p < .001$), Lecture et Valeur des chiffres ($r^2 = .75, p < .001$), Lecture et UDC ($r^2 = .88, p < .001$), Dictée et UDC ($r^2 = .88, p < .001$), Dictée et Valeur des chiffres ($r^2 = .74, p < .001$), Dictée et Décomposition additive ($r^2 = .79, p < .001$), UDC et Valeur des chiffres ($r^2 = .68, p < .001$), UDC et Décomposition additive ($r^2 = .73, p < .001$), et enfin Valeur des chiffres et Décomposition additive ($r^2 = .68, p < .001$). Les corrélations sont fortes. Les temps des épreuves de lecture et de dictée sont corrélés significativement ($r^2 = .46, p = .003$), la corrélation est modérée. En conclusion, le module Numération d'Examath 5-8 a une bonne cohérence interne.

2. Analyse de la cohérence interne de chaque épreuve du module Numération d'Examath 5-8

Une analyse de l'alpha de Cronbach a été réalisée pour chacune des épreuves du module Numération d'Examath 5-8. Les analyses montrent que l'alpha de Cronbach s'élève à .826 pour Lecture, .662 pour Dictée (.832 pour 1-30, .749 pour 31-99 et .716 pour 99+), .804 pour Valeur des chiffres, .944 pour UDC et .755 pour Décomposition additive. Les résultats suggèrent que la cohérence interne est acceptable pour chaque épreuve.

3. Analyse de la validité concomitante

a. Transcodage en Lecture

Une analyse de corrélation de Pearson a été réalisée entre les scores de l'épreuve Transcodage en lecture d'Examath 5-8 et de celle de Transcodage Lecture du Tedi-math. Les résultats montrent que le score total de la tâche en lecture d'Examath 5-8 est corrélé significativement et positivement au score de l'épreuve de lecture de Tedi-math ($r^2 = .97, p < .001$). Chaque sous-catégorie de score (items de 1 à 30, items de 31 à 99, items supérieurs à 99) est corrélée significativement et positivement à l'épreuve de lecture de Tedi-math (respectivement $r^2 = .81, p < .001$; $r^2 = .93, p < .001$; $r^2 = .89, p < .001$). Les corrélations sont fortes.

b. Transcodage en Dictée

Une analyse de corrélation de Pearson a été réalisée entre les scores de l'épreuve Transcodage en dictée d'Examath 5-8 et de celle de Transcodage Dictée du Tedi-math. Les résultats montrent que le score total de la dictée d'Examath 5-8 est corrélé significativement et positivement au score de l'épreuve de dictée du Tedi-math ($r^2 = .98, p < .001$). Chaque sous-catégorie de score (items de 1 à 30, items de 31 à 99, items supérieurs à 99) est corrélée significativement et positivement à l'épreuve de dictée du Tedi-math (respectivement $r^2 = .83$; $r^2 = .94$; $r^2 = .86$; $p < .001$ pour chaque). Les corrélations sont fortes.

c. Valeur des chiffres

Une analyse de corrélation de Pearson a été réalisée entre les scores de l'épreuve Valeur des chiffres d'Examath 5-8 d'une part et du PicPVT et du Tedi-math d'autre part. Les résultats montrent que le score de Valeur des chiffres d'Examath 5-8 est corrélé significativement et positivement au score de la tâche PicPVT ($r^2 = .94, p < .001$), ainsi qu'à la tâche Compréhension du système de numération de Tedi-math ($r^2 = .78, p < .001$). Les corrélations sont fortes.

d. UDC

Une analyse de corrélation de Pearson a été réalisée entre les scores de UDC d'Examath 5-8 et de Compréhension du système de numération du Tedi-math. Les résultats montrent que le score total de la tâche UDC d'Examath 5-8 est corrélé significativement et positivement au score de la tâche Compréhension du système de numération de la batterie Tedi-Math ($r^2 = .86, p < .001$). Les sous-catégories de score Arabe-Analogique et Analogique-Arabe sont corrélées significativement et positivement à l'épreuve du Tedi-math (respectivement $r^2 = .85$; $r^2 = .89$; $p < .001$ pour chaque). Les corrélations sont fortes. Aucune analyse de validité concomitante n'a été réalisée pour l'épreuve Décomposition additive d'Examath 5-8.

4. Analyse de la validité de construit en lien avec la classe des enfants

Une analyse de variance a été réalisée sur les variables dépendantes (score et temps à chaque épreuve) selon la variable indépendante Classe (GSM, CP, CE1).

a. Transcodage en Lecture

En lecture, les analyses montrent un effet significatif de la classe sur le score total ($F(2,38) = 52.43, p < .001, \eta^2_p = .73$). Les CE1 obtiennent un meilleur score que les CP et les GSM ($p < .001$ et $p < .001$) et que les CP obtiennent un meilleur score que les GSM ($p = .002$).

Une analyse similaire a été réalisée pour les scores aux trois sous-épreuves et montre un effet significatif de la classe sur chacun des scores ($F(2,38) = 15.53, p < .001, \eta^2_p = .45$; $F(2,38) = 30.18, p < .001, \eta^2_p = .61$; $F(2,38) = 67.99, p < .001, \eta^2_p = .78$). La Figure 2 illustre les résultats. Pour les scores des items compris en 1 et 30, les résultats ne montrent pas de différence significative entre les CE1 et les CP ($p = .69$), mais une différence significative entre les CP et les GSM et entre les CE1 et les GSM (respectivement $p = .001, p < .001$), avec un meilleur score pour les CP que les GSM et pour les CE1 que les GSM. Pour les scores des items compris entre 31 et 99, toutes les classes obtiennent des scores significativement différents entre elles (entre les CE1 et les CP : $p < .001$; entre les CE1 et les GSM : $p < .001$; et enfin entre les CP et les GSM : $p = .02$). Pour les scores des items supérieurs à 99, les analyses montrent une différence significative entre les CE1 et les CP et entre les CE1 et les GSM (respectivement $p < .001$ et $p < .001$), mais pas de différence significative entre les CP et les GSM ($p = .08$) qui obtiennent en fait des scores très bas.

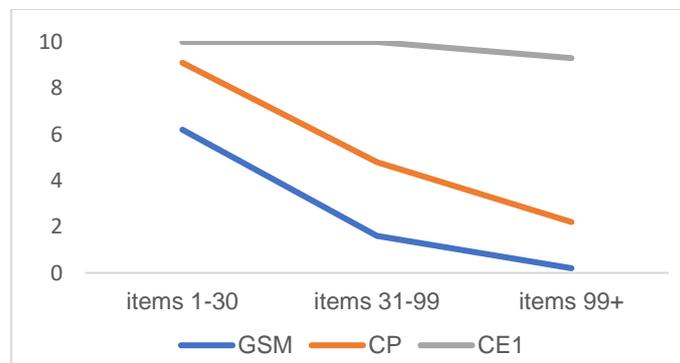


Figure 2

Moyennes des scores en lecture en fonction des types d'items et de la classe

Notes. Les items 1-30 ont été passés par 15 GSM, 12 CP et 14 CE1. Les items 31-99 ont été passés par 15 GSM (3 finissent la série), 12 CP (7 finissent la série) et 14 CE1. Les items supérieurs à 99 ont été passés par 3 GSM (aucun ne finit la série), 7 CP (3 finissent la série) et 14 CE1.

Les analyses des temps de réponse montrent un effet significatif de la classe sur le temps total ($F(2,38) = 6.21, p = .005, \eta^2_p = .25$). Les analyses de comparaison montrent que le temps de réponse des CE1 est plus court que celui des CP ($p = .007$) mais non significativement différent de celui des GSM ($p = 1.00$). Les CP ont un temps de réponse plus long que les GSM ($p = .002$).

Une analyse similaire a été réalisée pour les scores aux trois sous-épreuves et montre un effet significatif de la classe sur chacun des scores ($F(2,20) = 8.47, p = .002, \eta^2_p = .46$; $F(2,20) = 17.77, p < .001, \eta^2_p = .64$; $F(2,20) = 3.57, p = .05, \eta^2_p = .26$). La Figure 3 illustre les résultats. Concernant les temps des items compris en 1 et 30, les résultats montrent une différence significative entre les CE1 et les CP et entre les CE1 et les GSM (respectivement $p = .01$ et $p = .02$), mais une différence non significative entre les CP et les GSM ($p = 1.00$). Pour les temps des items compris entre 31 et 99, les résultats montrent également une différence significative entre les CE1 et les CP et entre les CE1 et les GSM (respectivement $p < .001$ et $p = .02$), mais une différence non significative entre les CP et les GSM ($p = .66$). Pour les temps des items supérieurs à 99, les analyses ne montrent pas de différence significative entre les CE1 et les CP et entre les CE1 et les GSM (respectivement $p = .36$ et $p = .32$), mais une différence significative entre les CP et les GSM ($p = .05$).

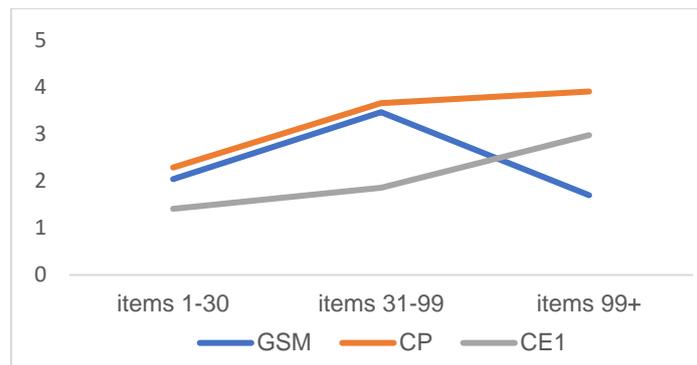


Figure 3

Moyennes des temps (en secondes) à Lecture en fonction des types d'items et de la classe

b. Transcodage en Dictée

Les analyses montrent un effet significatif de la classe sur le score total ($F(2,38) = 49.16, p < .001, \eta^2_p = .72$). Les CE1 obtiennent un meilleur score que les CP et les GSM ($p < .001$ et $p < .001$) et que les CP obtiennent un meilleur score que les GSM ($p = .01$).

Une analyse similaire a été réalisée pour les scores aux trois sous-épreuves et montre un effet significatif de la classe sur chacun des scores ($F(2,38) = 19.09, p < .001, \eta^2_p = .50$; $F(2,38) = 22.86, p < .001, \eta^2_p = .55$; $F(2,38) = 81.11, p < .001, \eta^2_p = .81$). La Figure 4 illustre les résultats. Pour les scores des items compris en 1 et 30, les résultats ne montrent pas de différence significative entre les CE1 et les CP ($p = .27$), mais une différence significative entre les CE1 et les GSM et entre les CP et les GSM (respectivement $p < .001, p = .001$). Pour les scores des items compris entre 31 et 99, les analyses montrent une différence significative entre les CE1 et les CP et entre les CE1 et les GSM (respectivement $p = .001$ et $p < .001$), mais pas de différence significative entre les CP et les GSM ($p = .07$). Pour les scores des items supérieurs à 99, les analyses montrent une différence significative entre les CE1 et les CP et entre les CE1 et les GSM (respectivement $p < .001$ et $p < .001$), mais pas de différence significative entre les CP et les GSM ($p = .17$) qui obtiennent en fait des scores très bas. Les patterns sont similaires à ceux de Transcodage Lecture.

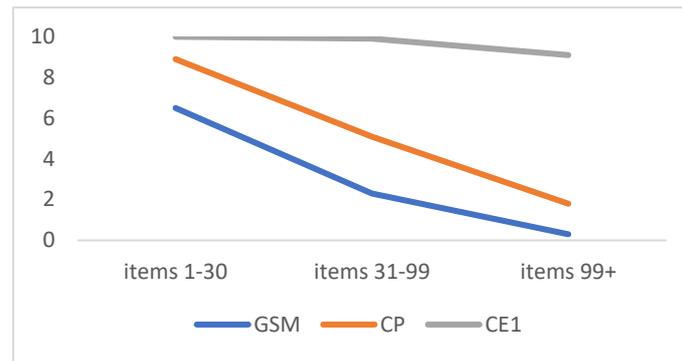


Figure 4

Moyennes des scores en dictée en fonction des types d'items et de la classe

Notes. Les items 1-30 ont été passés par 15 GSM, 12 CP et 14 CE1. Les items 31-99 ont été passés par 15 GSM (5 finissent la série), 12 CP (7 finissent la série) et 14 CE1. Les items supérieurs à 99 ont été passés par 5 GSM (aucun ne finit la série), 7 CP (2 finissent la série) et 14 CE1.

Concernant le temps, les analyses montrent un effet significatif de la classe sur le temps total ($F(2,38) = 3.88, p = .03, \eta^2_p = .17$). Les analyses de comparaison montrent que le temps de réponse des CE1 n'est pas significativement plus court que celui des CP ($p = .14$) mais plus court que celui des GSM ($p = 0,04$). Le temps de réponse des CP n'est pas significativement plus court que celui de la classe des GSM ($p = 1.00$).

Une analyse similaire a été réalisée pour les scores aux trois sous-épreuves et montre un effet significatif de la classe pour les temps des items compris entre 1 et 30 et pour les items compris entre 31 et 99 (respectivement $F(2,23) = 29.44, p < .001, \eta^2_p = .72$; $F(2,23) = 33.16, p < .001, \eta^2_p = .74$), mais pas pour les items supérieurs à 99 ($F(2,23) = 1.04, p = .37, \eta^2_p = .08$). Pour les temps des items compris en 1 et 30, toutes les classes ont des temps significativement différents entre elles (entre les CE1 et les CP : $p = .01$; entre les CE1 et les GSM : $p < .001$; et enfin entre les CP et les GSM : $p = .001$). Pour les temps des items compris entre 31 et 99, toutes les classes ont également des temps significativement différents entre elles (entre les CE1 et les CP : $p < .001$; entre les CE1 et les GSM : $p < .001$; et enfin entre les CP et les GSM : $p = .02$).

c. Valeur des chiffres

Les analyses montrent un effet significatif de la classe sur le score ($F(2,38) = 46.19, p < .001, \eta^2_p = .71$). Les analyses de comparaison montrent des scores significativement différents entre les CE1 ($M = 14.5$) et les CP ($M = 11.5$) ainsi qu'entre les CE1 et les GSM ($M = 10.8$) (respectivement $p < .001$ et $p < .001$). Cependant les scores des CP et GSM ne sont pas significativement différents ($p = .31$). Les CE1 sont meilleurs que les CP et les GSM. La première partie de la Figure 5 illustre les résultats obtenus par les enfants.

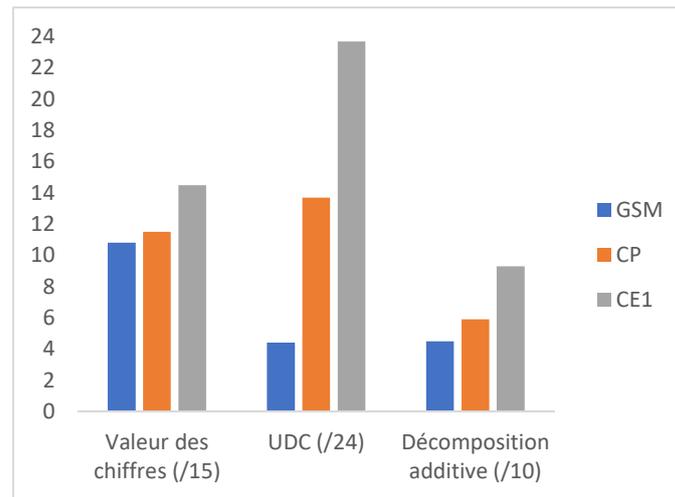


Figure 5

Moyennes des scores aux épreuves Valeur des chiffres, UDC et Décomposition additive de la classe

d. UDC

Les analyses montrent un effet significatif de la classe sur le score ($F(2,38) = 30.29, p < .001, \eta^2_p = .61$). Toutes les classes obtiennent un score significativement différent (entre les CE1 et les CP ($p = .002$), entre les CE1 et les GSM ($p < .001$), entre les CP et les GSM ($p = .03$). Les CE1 sont meilleurs que les CP qui sont meilleurs que les GSM. La deuxième partie de la Figure 5 illustre les résultats obtenus par les enfants.

Une analyse similaire a été réalisée pour les scores aux deux sous-épreuves et montre un effet significatif de la classe sur chacun des scores ($F(2,38) = 26.72, p < .001, \eta^2_p = .58$; $F(2,38) = 35.68, p < .001, \eta^2_p = .65$). Les analyses de comparaison montrent, pour les items de la sous-épreuve Arabe-analogie, une différence significative entre toutes les classes : entre les CE1 et les CP ($p = .002$), entre les CE1 et les GSM ($p < .001$) et entre les CP et les GSM ($p = .01$). Pour les items de la sous-épreuve Analogie-arabe, toutes les classes obtiennent aussi des scores significativement différents : entre les CE1 et les CP ($p = .01$), entre les CE1 et les GSM ($p < .001$) et entre les CP et les GSM ($p < .001$).

e. Décomposition d'addition

Les analyses montrent un effet significatif de la classe sur le score ($F(2,38) = 40.77, p < .001, \eta^2_p = .68$). Toutes les classes obtiennent un score significativement différent (entre les CE1 et les CP ($p < .001$), entre les CE1 et les GSM ($p < .001$) et entre les CP et les GSM, $p = .05$). Les CE1 sont meilleurs que les CP qui sont meilleurs que les GSM. La troisième partie de la Figure 5 illustre les résultats obtenus par les enfants.

En résumé, les cinq épreuves d'Examath 5-8 mettent en évidence des différences significatives entre les GSM, les CP et les CE1, suggérant ainsi une bonne validité de construit en lien avec les caractéristiques développementales des enfants.

5. Norme critériée

Une norme critériée du développement de la compétence en numération a été développée. Pour cela, une analyse des scores de réussite (moyennes et écarts-types) en fonction d'un seuil de succès et une analyse des erreurs ont été réalisées. Le critère choisi pour considérer une épreuve réussie et inférer une notion acquise est le seuil de 75%. Le critère choisi pour inférer une notion en cours d'acquisition est le seuil de 60 %. Le seuil de réussite de 75% est classiquement utilisé pour considérer une performance comme un succès (Bain, 2010 ; par exemple, Medina et al., 2004) ; le seuil de 60% est choisi car il est entre le seuil du hasard (50%) et le seuil de réussite (75%).

a. Transcodage en Lecture

Les résultats aux épreuves de Transcodage Lecture de nombres sont recensés dans le Tableau 1. Les nombres de 1 à 30 sont à considérer en cours d'acquisition pour les GSM et acquis pour les CP et les CE1. Les nombres supérieurs à 31 ne sont acquis qu'en classe de CE1. Ces résultats sont en cohérence avec l'apprentissage institutionnel et les progressions proposées dans les documents institutionnels (programmes scolaires).

Tableau 1

Norme critériée des compétences en Lecture constatées selon la classe

Sous-épreuves	GSM		CP		CE1	
	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>
1-30	6.2	2.8	9.1	1.6	10	0
31-99	1.6	3	4.8	4.3	10	0
99+	0.2	0.4	2.2	3.6	9.3	1.6

Notes. Chaque score est sur 10. Légende. Vert : acquis ; orange : en cours d'acquisition. Rouge : non-acquis.

Les erreurs ont été codées selon qu'elles étaient lexicales (erreur de position, inversion unité/dizaine) ou syntaxiques (ajout ou suppression de chiffre). Les analyses mettent en évidence une majorité nette d'erreurs lexicales quelle que soit la classe (voir Tableau 2).

Tableau 2

Pourcentage d'erreurs lexicales et syntaxiques en Lecture de nombre selon la classe

	GSM	CP	CE1
Erreurs lexicales	84%	100%	100%
Erreurs syntaxiques	16%	0%	0%

b. Transcodage en Dictée

Les résultats aux épreuves de Transcodage Dictée de nombres sont recensés dans le Tableau 3. Les résultats montrent que les nombres de 1 à 30 sont à considérer en cours d'acquisition pour les GSM et acquis pour les CP et les CE1. Les nombres supérieurs à 31 ne sont acquis qu'en classe de CE1. Le pattern est similaire à celui de Transcodage Lecture.

Tableau 3*Norme critériée des compétences en Dictée constatées selon la classe*

Sous-épreuves	GSM		CP		CE1	
	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>
1-30	6.5	2.1	8.9	1.7	10	0
31-99	2.3	3.4	5.1	4.2	9.9	0.3
99+	0.3	0.5	1.8	3.2	9.1	1.6

Notes. Chaque score est sur 10. Légende. Vert : acquis ; orange : en cours d'acquisition. Rouge : non-acquis.

Les erreurs ont été codées selon qu'elles étaient (a) lexicales (erreur de position, inversion unité/dizaine) ou (b) syntaxiques (ajout ou suppression de chiffre). Les analyses mettent en évidence une majorité nette d'erreurs lexicales quelle que soit la classe (voir Tableau 4), excepté pour les CE1 qui produisent autant d'erreurs lexicales que syntaxiques. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les CE1 ont réalisé plus souvent la troisième partie de l'épreuve contenant des nombres à trois et quatre chiffres leur « offrant » ainsi plus d'opportunités de produire des erreurs syntaxiques. En effet, les GSM et les CP, produisant beaucoup d'erreurs, sont allés moins souvent au bout de l'épreuve (critère d'arrêt automatique).

Tableau 4*Pourcentage d'erreurs lexicales et syntaxiques en Dictée de nombre selon la classe*

	GSM	CP	CE1
Erreurs lexicales	73%	83%	50%
Erreurs syntaxiques	27%	17%	50%

c. Valeur des chiffres

Les résultats à l'épreuve Valeur des chiffres sont recensés dans le Tableau 5 (première ligne). Les résultats montrent que la valeur des chiffres est en cours d'acquisition pour les GSM. Les CP semblent avoir acquis les notions nécessaires pour réussir la tâche si on considère uniquement le score qu'il est toutefois nécessaire de nuancer avec l'analyse des erreurs ci-après. Les CE1 ont acquis et compris les deux valeurs, multiplicative et positionnelle.

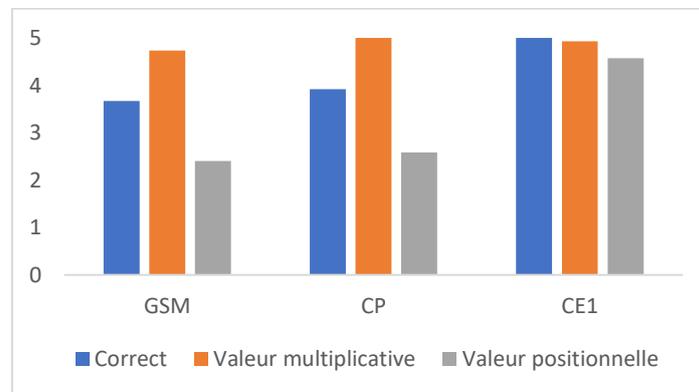
Tableau 5

Norme critériée des compétences aux épreuves Valeur des chiffres, UDC et Décomposition additive attendues selon la classe

Épreuves	GSM		CP		CE1	
	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>
Valeur des chiffres	10.8	1.4	11.5*	0.7	14.5	0.9
UDC	4.4	7.6	13.7	8.9	23.7	0.8
Décomposition additive	4.5	1.1	5.9	2.2	9.3	0.9

*Notes. Les scores sont sur 15, 24 et 10 respectivement. Légende. Vert : acquis ; orange : en cours d'acquisition. Rouge : non-acquis. *À noter que nous qualifions les CP comme étant en cours d'acquisition pour Valeur des chiffres grâce à l'analyse des erreurs ci-dessous.*

Une analyse des erreurs a été réalisée à partir des trois types d'items proposés dans la tâche : cinq items corrects qui respectent la valeur multiplicative et la valeur positionnelle, cinq items qui biaisent la valeur multiplicative mais respectent la valeur positionnelle, et cinq items qui respectent la valeur multiplicative mais biaisent la valeur positionnelle. Une ANOVA a été réalisée avec la classe et le type d'item comme variable dépendante et le score comme variable dépendante. Les analyses montrent une interaction Classe x Type d'item, $F(4,76) = 3.34$, $p = .014$. Les CE1 obtiennent les mêmes scores pour les trois types d'item. En revanche, les GSM et les CP obtiennent des scores meilleurs pour les items Corrects et les items biaisant la Valeur multiplicative que les items biaisant la Valeur positionnelle (voir Figure 6).

**Figure 6**

Score pour chaque type d'erreur à l'épreuve Valeur des chiffres en fonction de la classe

d. UDC

Les résultats à l'épreuve UDC sont recensés dans le Tableau 5 (deuxième ligne). Contrairement aux CE1, les GSM et les CP n'ont pas acquis les notions nécessaires pour réussir la tâche. Une analyse détaillée des scores de la première partie de l'épreuve UDC montre que 19 % des GSM réussissent la sous-épreuve, contre 55 % des CP et 99 % des CE1. Les CP semblent être davantage en cours d'acquisition, leur score étant faible mais tout de même significativement différent du score des GSM.

Les erreurs pour les deux parties sont codées comme suit : (a) erreurs quantitatives lorsqu'elles portent uniquement sur la dizaine ou l'unité (exemple : 2 dizaines et 5 unités pour la cible 24, ou 4 dizaines et 2 unités pour la cible 32), (b) erreur VP lorsque les catégories unité/dizaine ne sont pas considérées (exemple : 33 unités pour 33 ou 6 unités pour 33), lors d'inversion des dizaines et unités (exemple : 2 dizaines et 3 unités pour 32) ou encore lorsque la VP est partiellement respectée (exemple : 2 dizaines et 13 unités pour 33). Les erreurs ne pouvant être interprétées sont codées « Autre » (voir Figure 7). Les GSM commettent une majorité d'erreurs Autres (49 % à Analogique-Arabe, 57 % à Arabe-Analogique). Ils font plus d'erreurs de VP dans le sens Analogique-Arabe (30 %) que dans le sens Arabe-Analogique (15 %). Les CP font plus d'erreurs de VP que les GSM et considérablement moins d'erreurs quantitatives (21 % Analogique-Arabe, 5 % Arabe-Analogique). A l'instar des GSM, les CP font plus d'erreurs de VP dans le sens Analogique-Arabe (62 %) que dans le sens Arabe-Analogique (29 %). Enfin, les CE1 ne commettent aucune erreur de VP, uniquement des erreurs quantitatives.

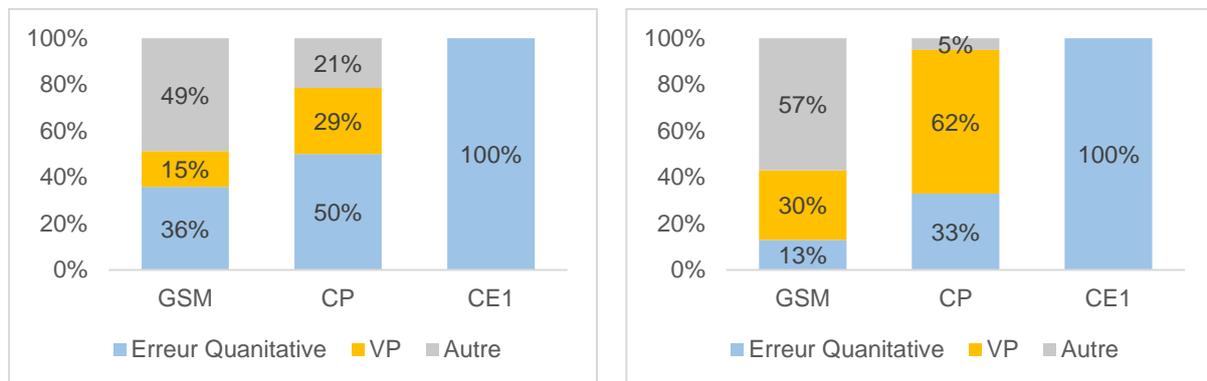


Figure 7

Proportion du type d'erreur à l'épreuve UDC en fonction de la classe

Notes. À gauche, représentation arabe vers la représentation analogique ; à droite, représentation analogique vers la représentation arabe.

e. Décomposition additive

Les résultats en Décomposition additive sont recensés dans le Tableau 5 (troisième ligne). Contrairement aux CE1, les GSM et les CP n'ont pas acquis les notions pour réussir la tâche.

L'analyse de l'acceptation ou du rejet des items erronés de l'épreuve Décomposition additive permet d'observer que les erreurs liées à l'irrégularité du code oral ($4 + 20 + 9 = 89$; $60 + 5 = 75$; $8 + 10 = 90$) sont rejetées massivement (donc bien repérées) par toutes les classes. Les erreurs concernant la VP ($8 + 21 = 821$; $5 + 4 = 54$) sont largement acceptées (et donc non repérées) par les GSM (80 %) et les CP (92 %). L'item « $10 + 82 = 182$ » qui présente une erreur de VP avec le rôle particulier du zéro ne départage pas les comportements des classes de GSM et CP. Les résultats sont présentés dans le 6.

Tableau 6

Pourcentage de Participants Rejetant ou Acceptant l'Item Erroné par Classe à l'Épreuve Décomposition d'Additions

Items	GSM		CP		CE1	
	% d'acceptation de l'erreur	% de rejet de l'erreur	% d'acceptation de l'erreur	% de rejet de l'erreur	% d'acceptation de l'erreur	% de rejet de l'erreur
5 + 4 = 54	80	20	92	8	7	93
60 + 5 = 75	20	80	8	92	0	100
4 + 20 + 9 = 89	20	80	17	83	0	100
8 + 10 = 90	20	80	0	100	21	79
10 + 82 = 182	33	67	42	58	21	79
8 + 21 = 821	80	20	92	8	21	79

Notes. En vert, la proportion majoritaire rejetant l'erreur (au-dessus de 75%, acquis) ; en orange, la proportion majoritaire rejetant l'erreur (au-dessus de 60%, en cours d'acquisition) ; en rouge, la proportion majoritaire acceptant l'erreur (non-acquis).

----- DISCUSSION -----

1. Interprétations des résultats

Le premier objectif était d'analyser la cohérence interne du module Numération d'Examath 5-8. Ses épreuves sont corrélées entre elles, de manière significative, positive et forte. Le module possède donc une bonne cohérence interne. Les épreuves sont homogènes : les épreuves testent des construits différents mais qui possèdent des construits reliés et les compétences des enfants testés en numération se reflètent uniformément parmi les épreuves du module.

Le deuxième objectif était d'analyser la cohérence interne de chaque épreuve du module Numération d'Examath 5-8. Chaque alpha de Cronbach est élevé. Chaque épreuve satisfait donc une bonne cohérence interne. Les items des épreuves sont homogènes, possèdent un construit commun et permettent d'observer des comportements similaires d'un item à l'autre.

Le troisième objectif était d'analyser la validité concomitante du module Numération d'Examath 5-8. Les épreuves de transcodage en lecture et en dictée sont corrélées aux épreuves similaires de la batterie Tedi-math. L'épreuve Valeur des chiffres est corrélée à l'épreuve PicPVT. L'épreuve UDC est corrélée à l'épreuve Compréhension du système de numération du Tedi-math. Le module de numération de la batterie d'Examath 5-8 possède une bonne validité concomitante : les résultats obtenus par cette batterie sont similaires à ceux obtenus par une batterie déjà existante.

Le quatrième objectif était d'analyser la validité de construit en lien avec les caractéristiques développementales des enfants du module de numération de la batterie d'évaluation Examath 5-8. Les analyses montrent une évolution des performances entre la GSM et le CE1 pour chacune des épreuves. Les CE1 sont meilleurs que les CP qui eux-mêmes sont meilleurs que les GSM. Quelques particularités sont observées en lecture, dictée et valeur des chiffres.

En lecture de nombres, les CE1 et les CP ont des compétences similaires sur les nombres de 1 à 30 qui posent encore difficulté aux GSM. Au contraire, les CE1 sont meilleurs pour lire les nombres supérieurs à 99 que les CP et les GSM. Ces résultats sont en adéquation avec l'apprentissage en classe. Les nombres entre 31 et 99 sont les plus discriminants car toutes les classes obtiennent des scores significativement différents. La mesure des temps totaux de lecture permet aussi de mettre en évidence que chaque classe augmente son temps de réponse en fonction de la grandeur du nombre à lire, sauf les GSM qui ont un temps plus court pour les nombres supérieurs à 99. En regard de leurs scores faibles, ceci s'expliquerait par le fait qu'ils ne sont pas familiers des nombres à trois chiffres, ne parviennent pas à les lire, et ne réalisent que très peu souvent l'épreuve au complet (étant donné le critère d'arrêt automatique en cas de trop nombreuses erreurs). Chez les CP, l'augmentation du temps de réponse est nette dès les nombres de 31 à 99 alors que chez les CE1, elle a lieu à partir des nombres supérieurs à 99. Ces résultats témoignent du degré d'automatisation de lecture des nombres selon le niveau scolaire : les CP ont automatisé la lecture des nombres de 1 à 30, les CE1 ont automatisé la lecture des nombres à deux chiffres jusqu'à 99.

En dictée de nombres, la compétence (précision et temps) en CP se rapproche de celle en CE1 pour les nombres compris entre 1 et 30. En revanche, sur les nombres entre 31 et 99, là où toutes les classes se différencient en lecture, les CP et les GSM montrent des compétences similaires en dictée. Cette tendance est également visible pour les nombres supérieurs à 99. En CP, la lecture est donc maîtrisée avant la dictée. Notons que contrairement à Byrge et al. (2014), très peu d'erreurs de type écriture littérale (par exemple : 412 écrit 40012) ont été produites par les enfants de GSM. Nous expliquons cela par une différence méthodologique : alors que Byrge et al. (2014) proposent une tâche de dictée de 20 nombres à trois chiffres, nous proposons seulement 5 nombres à trois chiffres et 5 nombres à quatre chiffres avec un critère d'arrêt après quatre erreurs consécutives : on observe en fait que seuls trois enfants de GSM ont poursuivi après les nombres à deux chiffres ; l'échantillon est trop faible pour permettre de mettre en évidence le type d'erreurs produits sur ces nombres.

Ces résultats montrent, d'une part, que la maîtrise du système de numération est un apprentissage long s'étalant sur deux années au minimum (l'apprentissage en classe du système de numération s'étend d'ailleurs bien au-delà du CE1) et, d'autre part, que les épreuves de Lecture et Dictée de nombres d'Examath 5-8 permettent de mettre en évidence l'évolution des performances de lecture et dictée de nombres des enfants en début d'apprentissage formel.

Enfin, pour l'épreuve Valeur des chiffres, les CE1 sont meilleurs que les CP et les GSM mais ces derniers obtiennent des scores similaires.

En résumé, l'acquisition de la compréhension et de l'utilisation du système de numération a lieu sur la période scolaire étudiée : entre la GSM et le CE1. Les GSM font des apprentissages implicites, probablement par exposition et extraction de règles. Les CP obtiennent toujours un meilleur score que les GSM, marquant l'effet de l'apprentissage explicite.

Le cinquième et dernier objectif était de déterminer une norme critériée du développement de la compréhension du système de numération. L'analyse des moyennes et des types d'erreurs produites a permis de définir une norme critériée pour chaque épreuve du module Numération d'Examath 5-8. Les données sont cohérentes avec le modèle de développement de compréhension et de l'utilisation du système de numération à VP décrit par Herzog et al. (2019). Les enfants testés en GSM ont un profil de performance qui correspond aux stades 0-1 : ils sont en cours d'acquisition de lecture et d'écriture des nombres de 1 à 30, ont compris la valeur

multiplicative des chiffres dans les nombres mais sont en difficulté pour comprendre la VP des chiffres dans les nombres ; ils produisent des erreurs non interprétables ou de VP lorsqu'ils doivent représenter un nombre ; enfin, ils produisent des erreurs de VP dans les décompositions additives (ex : accepter $5 + 4 = 54$). Ces enfants, pour gérer et structurer des quantités analogiques, opèrent très peu de regroupement à 10. Ces observations s'inscrivent dans le développement et l'apprentissage de l'enfant : les enfants de GSM n'ont pas encore bénéficié d'apprentissage formel et n'ont pas une connaissance aboutie du système de numération et des symboles par exemple. Les enfants de CP ont un profil de performance qui correspond aux stades 2-3 puisqu'ils ont acquis la lecture et l'écriture des nombres de 1 à 30 mais n'ont pas généralisé le transcoding aux nombres plus grands, qu'ils sont plus d'une moitié à réussir la tâche de production de nombres avec des objets virtuels (support visuel). Enfin, les enfants de CE1 semblent avoir atteint le stade 4 car ils ont acquis la lecture et l'écriture des nombres jusqu'à 4 chiffres, qu'ils sont capables de produire un nombre avec objets virtuels ou de comprendre le lien entre un nombre en code indo-arabe et une représentation visuelle (support visuel) et qu'enfin, ils sont capables de décomposer un nombre sans support visuel. Ces données expérimentales soutiennent le modèle d'Herzog et al. (2019) : l'aspect procédural du système de numération serait acquis avant l'acquisition conceptuelle : il s'agit pour la petite proportion de GSM et la moitié des CP observés d'une utilisation uniquement fonctionnelle avec support, sans compréhension approfondie du concept. Ces résultats suggèrent une bonne validité de contenu.

2. Limites et Forces de l'étude

Bien que les résultats soient encourageants, l'étude présente des limites. Tout d'abord, la population étudiée, scolarisée dans le secteur privé, est dans l'immense majorité issue d'un niveau socio-économique élevé, peu représentatif de l'entièreté des enfants scolarisés en France. Le niveau socio-économique peut avoir une influence sur les apprentissages (OCDE, 2011). Aussi, la récolte des données s'est déroulée en décembre de l'année scolaire en cours, soit trois mois après le début de l'année scolaire. La passation des tests semble être arrivée trop tôt dans l'année pour être tout à fait représentative du niveau de la classe étudiée. Une passation des tests entre avril et juin de l'année scolaire en cours aurait été plus en accord avec l'étalonnage de fin d'année scolaire de la batterie Examath 5-8.

L'étude témoigne d'une rigueur dans la passation des tâches et l'analyse des données. De plus, l'analyse des compétences numériques des enfants à chaque niveau scolaire a permis d'observer les compétences d'enfants au développement typique et de les confronter au modèle théorique pris en référence. Enfin, les données expérimentales obtenues à l'automne 2020 ont permis de faire des ajustements nécessaires dans les futures tâches de la batterie Examath 5-8. Dans la version finale d'Examath 5-8, les GSM feront la lecture et la dictée de la première série (nombres de 1 à 30), les CP feront la lecture et la dictée des première et deuxième séries (nombres de 1 à 30 et 31 à 99), les CE1 feront la lecture et la dictée des trois séries (nombres de 1 à 30, nombres de 31 à 99, nombres supérieurs à 99). Quant aux épreuves UDC et Décomposition additive, elles ne seront accessibles qu'aux enfants de CP et CE1. L'épreuve Valeur des chiffres ne sera accessible qu'aux CE1. Également, puisque la valeur multiplicative ne semblait pas permettre de différencier les GSM, CP et CE1, il a été décidé de ne laisser que les items corrects et ceux portant sur la valeur positionnelle.

3. Perspectives de recherche

Cette étude, avec ses limites, ouvre des perspectives de recherche intéressante. Tout d'abord, l'inclusion d'enfants porteurs ou à risque de Trouble des Apprentissages Mathématiques (DSM-5 ; APA, 2015) sera nécessaire pour déterminer la validité discriminante et la sensibilité du module et ainsi garantir le pouvoir diagnostique de la batterie.

De plus, d'autres propriétés psychométriques restent ainsi à être investiguer pour certifier la validité du module. Par exemple, concernant la validité de surface, c'est-à-dire la recevabilité des utilisateurs, les épreuves ont été très appréciées des participants par leur aspect ludique et numérique. Certains enfants ont même souhaité refaire certaines tâches pour le plaisir, mais ces impressions devront être objectivées statistiquement par un questionnaire de satisfaction par exemple. Aussi, la validité de contenu, c'est-à-dire le lien avec les modèles théoriques, semble bonne en regard de la revue de littérature présente. Les données expérimentales récoltées confortent les modèles théoriques actuels. L'avis d'experts pourrait également permettre d'estimer la validité de contenu. Enfin, l'étude de la validité de critère devra être complétée par l'étude de la validité prédictive par une corrélation des scores aux tâches de la batterie avec les performances scolaires par exemple.

4. Implications cliniques

En conclusion, cette étude, en testant la validité du module Numération d'Examath 5-8, s'inscrit dans le développement d'une nouvelle batterie d'évaluation. La compréhension approfondie du système de numération à VP en début d'apprentissage n'étant pas évaluable avec les outils existant dès la GSM, il s'agit d'une avancée notable pour la profession orthophonique. Ainsi, les nouvelles tâches développées, inspirées de la recherche : décomposition d'addition, jugement d'association d'un nombre et d'une quantité analogique et enfin représentation de quantités avec des objets virtuels à partir de nombres indo-arabes, seront un apport conséquent à l'analyse orthophonique des compétences en numération d'un enfant en bilan. Aussi, la création de la norme critériée, même si elle ne peut être représentative de l'entièreté des enfants français de cette tranche d'âge, a offert de définir les compétences constatées aux classes de GSM, CP et CE1 en numération et apporte des indices pour le choix des tâches à administrer à un patient.

----- RÉFÉRENCES -----

- American Psychiatric Association. (2015). *DSM-5 - Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Elsevier Health Sciences.
- Bain, D. (2010). Pour évaluer les qualités docimologiques des tests de maîtrise : l'intérêt de recourir à la généralisabilité. *Mesure et évaluation en éducation*, 33(2), 35-63. <https://doi.org/10.7202/1024895>
- Byrge, L., Smith, L. B., & Mix, K. S. (2014). Beginnings of place value: How preschoolers write three-digit numbers. *Child Development*, 85(2), 437-443. <https://doi.org/10.1111/cdev.12162>
- Cawley, J. F., Parmar, R. S., Lucas-Fusco, L. M., Kilian, J. D., & Foley, T. E. (2007). Place Value and Mathematics for Students with Mild Disabilities: Data and Suggested Practices. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, 5(1), 21-39.
- Chan, W. W. L. (2014). Understanding and processing numbers among Chinese children. *Psychology & Neuroscience*, 7(4), 583-591. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2014.4.18>
- Chan, W. W. L., Au, T. K., Lau, N. T. T., & Tang, J. (2017). Counting errors as a window onto children's place-value concept. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.07.001>
- Chandler, C., C., & Kamii, C. (2009). Giving change when payment is made with a dime: The difficulty of tens and ones. *Journal for Research in Mathematics Education*, 40, 97-118.
- Cobb, P., & Wheatley, G. (1988). Children's Initial Understandings of Ten. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 10(3), 1-28.
- Dehaene, S. (2010). *La bosse des maths : Quinze ans après*. Odile Jacob.
- Desoete, A. (2015). Cognitive predictors of mathematical abilities and disabilities. In R. Cohen Kadosh & A. Dowker (Eds.), *The Oxford handbook of numerical cognition* (pp. 915-932). Oxford University Press.
- Dietrich, J. F., Huber, S., Dackermann, T., Moeller, K., & Fischer, U. (2016). Place-value understanding in number line estimation predicts future arithmetic performance. *British Journal of Developmental Psychology*, 34(4), 502-517. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12146>
- Fosnot, C., & Dolk, M. (2001). *Young Mathematicians at Work: Constructing number sense, addition, and subtraction*. Heinemann.
- Fuson, K. C., Smith, S. T., & Cicero, A. M. L. (1997). Supporting Latino First Graders' Ten-Structured Thinking in Urban Classrooms. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(6), 738. <https://doi.org/10.2307/749640>
- Gelman, R., & Meck, E. (1983). Preschoolers' counting: Principles before skill. *Cognition*, 13(3), 343-359. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(83\)90014-8](https://doi.org/10.1016/0010-0277(83)90014-8)

- Glaser, R. (1963). Instructional technology and the measurement of learning outcomes: Some questions. *American Psychologist*, 18(8), 519-521. <https://doi.org/10.1037/h0049294>
- Hanich, L. B., Jordan, N. C., Kaplan, D., & Dick, J. (2001). Performance across different areas of mathematical cognition in children with learning difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 615-626. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.615>
- Helloin, M.-C., & Lafay, A. (2021). *Examath 5-8, batterie informatisée d'examen des habiletés mathématiques pour les enfants de 5 à 8 ans*. HappyNeuron.
- Herzog, M., Ehlert, A., & Fritz, A. (2019). Development of a Sustainable Place Value Understanding. In A. Fritz, V. Haase, & P. Räsänen (Eds), *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties* (pp. 561-579). Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-319-97148-3_33
- Koppel, H. (1998). *Difficultés en mathématiques, évaluation et rééducation*. Papyrus.
- Ladel, S., & Kortenkamp, U. (2016). Development of a Flexible Understanding of Place Value. In T. Meaney, O. Helenius, M. L. Johansson, T. Lange, & A. Wernberg (Eds), *Mathematics Education in the Early Years: Results from the POEM2 Conference, 2014* (pp. 289-307). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23935-4_16
- Lafay, A., Adrien, E. & Osana, H. P. (2020, Apr 17 - 21) *Second Graders' Domain-Specific Conceptual Difficulties in Base 10 Numeration* [Paper Session]. AERA Annual Meeting San Francisco, CA. <http://tinyurl.com/u7n4h4y> (Conference Canceled - coronavirus)
- Lafay, A., & Cattini, J. (2018). Analyse psychométrique des outils d'évaluation mathématique utilisés auprès des enfants francophones. *Revue canadienne d'orthophonie et d'audiologie*, 42, 127-144.
- Laski, E. V., Schiffman, J., Shen, C., & Vasilyeva, M. (2016). Kindergartners' base-10 knowledge predicts arithmetic accuracy concurrently and longitudinally. *Learning and Individual Differences*, 50, 234-239. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.08.004>
- Mann, A., Moeller, K., Pixner, S., Kaufmann, L., & Nuerk, H.-C. (2012). On the development of Arabic three-digit number processing in primary school children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113(4), 594-601. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.08.002>
- McGuire, P., & Kinzie, M. B. (2013). Analysis of place value instruction and development in pre-kindergarten mathematics. *Early Childhood Education Journal*, 41(5), 355-364. <https://doi.org/10.1007/s10643-013-0580-y>
- Medina, V., Loundon, N., Busquet, D., Petroff, N., & Serniclaes, W. (2004). Perception catégorielle des sons de parole chez des enfants avec Implant Cochléaire. *JEP-TALNRECITAL*.
- Métral, E. (2008). *Malette B-LM Cycle 2*. Orthopratric.
- Moeller, K., Pixner, S., Zuber, J., Kaufmann, L., & Nuerk, H. C. (2011). Early Place-Value Understanding as a Precursor for Later Arithmetic Performance - A Longitudinal Study on Numerical Development. *Research in Developmental Disabilities: A Multidisciplinary Journal*,

32(5), 1837-1851. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.03.012>

Nuerk, H.-C., Moeller, K., & Willmes, K. (2015). Multi-digit number processing : Overview, conceptual clarifications, and language influences. In R. Cohen Kadosh & A. Dowker (Eds), *The Oxford handbook of numerical cognition* pp. 106-139). Oxford University Press.

OCDE. (2011). Le milieu des élèves affecte-t-il leur performance ? In *Regards sur l'éducation 2011 : Les indicateurs de l'OCDE*. Editions OCDE. <https://doi.org/10.1787/eag-2011-9-fr>.

Osana, H. P., Lafay, A., & Blondin, A. (2018). PicPVT, une tâche d'évaluation de la compréhension de la double représentation des symboles dans les nombres : Validation chez les enfants de 1e année de primaire. *Acte de congrès, rencontres d'Espace Mathématique Francophone*, Paris.

Van de Walle, J. A., Karp, K. S., & Bay-Williams, J. M. (2004). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmentally*. Pearson.

Van Nieuwenhoven, C., Grégoire, J., & Noël, M.-P. (2001). *Tedi-math : Test diagnostique des compétences de base en mathématiques*. Editions du Centre de Psychologie appliquée.