
État des lieux des pratiques d'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques auprès des enseignants de la 3^{ème} maternelle à la 6^{ème} primaire et des enseignants du spécialisé : influence des caractéristiques démographiques, des croyances et du sentiment de compétence.

Auteur : Jeumont, Cécile

Promoteur(s) : Rousselle, Laurence

Faculté : Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Diplôme : Master en logopédie, à finalité spécialisée en voix

Année académique : 2023-2024

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/22029>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



Université de Liège Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de
l'Éducation Département des Sciences de l'Éducation

YMEM0006-A-a

**« État des lieux des pratiques d'utilisation des doigts dans
l'enseignement des mathématiques auprès des enseignants de la
3^{ème} maternelle à la 6^{ème} primaire et des enseignants du spécialisé :
influence des caractéristiques démographiques, des croyances et
du sentiment de compétence. »**

Promotrice : Madame Rousselle L.

Mémoire réalisé par :

JEUMONT Cécile
SCHINDLER Anaëlle

2023-2024

TABLE DES MATIERES

1	Introduction	1
2	Revue de la littérature.....	4
2.1	Le développement numérique	4
2.2	Le matériel manipulable	5
2.3	Les doigts dans les apprentissages numériques	8
2.3.1	Le modèle de Roesch et Moeller	8
2.3.2	Les doigts dans la résolution de calculs arithmétiques et/ou l'encodage de faits arithmétiques	11
2.3.3	Les doigts dans le développement atypique	13
2.3.4	Conclusion.....	15
2.4	Les doigts et la perspective éducative	17
2.4.1	Mutlu et al. (2020).....	18
2.4.2	Poletti & al. (2023).....	20
2.4.3	Les limites de ces études et l'approfondissement possible de la recherche.....	22
2.5	Conclusion.....	25
3	Objectifs et hypothèses.....	27
3.1	Objectifs	27
3.2	Hypothèses	28
4	Méthodologie.....	30
4.1	Comité d'éthique	30
4.2	Participants	30
4.2.1	Critères d'inclusion et d'exclusion	30
4.2.2	Taille de l'échantillon.....	31
4.2.3	Participants	32
4.2.4	Recrutement des sujets et randomisation des 2 versions du questionnaire	33
4.3	Questionnaire.....	34
4.3.1	Composantes du questionnaire	34
4.3.2	Protocole de pré-test	36
4.3.3	Construction du questionnaire	38
4.4	Traitement de données.....	43
5	Résultats	44
5.1	Hypothèse 1	44
5.1.1	Sous-hypothèse 1	44
5.1.2	Sous-hypothèse 2.....	52
5.1.3	Influence des caractéristiques démographiques sur les croyances et par extension sur les pratiques 53	

5.2	Hypothèse 2.....	55
5.3	Hypothèse 3.....	57
5.4	Fiabilité des réponses des participants et du questionnaire	60
5.4.1	Perception positive et négative de l'usage des doigts : fiabilité des réponses des participants	60
5.4.2	Avantages et inconvénients perçu du comptage sur les doigts : biais d'ordre et fiabilité du questionnaire	62
6	Discussion	64
6.1	Influence des croyances sur les pratiques pédagogiques.....	64
6.2	Rôle du contexte démographique et du type d'enseignement sur les pratiques pédagogiques 66	
6.3	Influence du niveau scolaire sur les pratiques pédagogique.....	68
6.4	Influence du sentiment de compétence sur les pratiques pédagogiques.....	69
6.5	Limitations et perspectives futures.....	70
7	Conclusion.....	72
	Bibliographie.....	75
	Annexes.....	80

1 INTRODUCTION

“10 % d'illettrisme en Belgique”, ce chiffre alarme, inquiète et se voit ainsi largement relayé par les médias. En effet, lorsqu'il s'agit d'illettrisme, tout le monde s'accorde à considérer que les conséquences personnelles et sociales à long terme sont dévastatrices. En revanche, le nombre de personnes se préoccupant des conséquences à long terme de l'innumérisme¹ semble être bien moindre. Pourtant, les nombres ainsi que les tâches arithmétiques simples rythment notre quotidien : lire l'heure et la date, cuisiner, payer les courses, les factures, etc. sont tant de tâches banales qui requièrent une maîtrise des compétences arithmétiques de base. Or d'après l'étude de Geary (2013), 22% des adultes aux Etats-Unis souffriraient d'innumérisme. En outre, il postule que les compétences numériques, dont le développement débute avant la scolarisation formelle, influencent l'employabilité et la capacité à négocier un salaire à l'âge adulte. Fischer et Charron (2018) estiment quant à eux un pourcentage beaucoup plus faible de 7 % d'innumérisme pour la population de France métropolitaine. Toutefois, ils confirment les conséquences sociales et professionnelles de l'innumérisme, allant jusqu'à le qualifier de handicap social et professionnel. C'est pourquoi l'identification et l'analyse des mécanismes facilitant le développement numérique sont essentielles.

En effet, si la maîtrise des compétences numériques semble naturelle et simple pour la plupart des adultes (Butterworth, 2005), la réalité est bien plus complexe. L'acquisition de la compréhension du nombre commence dès le plus jeune âge et se construit progressivement.

Afin de soutenir ce développement et d'illustrer les concepts mathématiques abstraits, les enseignants ont souvent recours à du matériel concret tel que des réglettes et des jetons (Lafay & al., 2019). Parmi ces outils d'aide au développement numérique on retrouve également l'utilisation des doigts. Des auteurs, tels qu'Orrantia et al. (2022), suggèrent d'ailleurs que le comptage des doigts aide à la mise en place du lien entre les mots-nombres et les grandeurs concrètes. D'autres, comme Roesch et al. (2024), affirment que l'utilisation des doigts est un prédicteur significatif positif des compétences en comptage, en cardinalité et en arithmétique de base.

¹ « Incapacité d'une personne à manier les nombres et le calcul dans les situations de la vie courante, même après avoir reçu un enseignement. » (JORF, 2014)

Les recherches, telles que celles précédemment citées, relèvent du domaine de la psychologie cognitive et des neurosciences. Les études issues de ce champ de la recherche examinent les processus cognitifs et les mécanismes neurobiologiques qui lient l'utilisation des doigts au développement des compétences arithmétiques et tendent généralement à conclure à une relation bénéfique entre cet usage et les performances arithmétiques (Neveu & al., 2023). Néanmoins, cette perspective ne bénéficie pas d'un consensus général. En effet, les recherches relevant du domaine de la didactique des mathématiques suggèrent que l'utilisation des doigts devrait être une étape transitoire dans l'apprentissage, afin d'éviter d'entraver la compréhension des opérations et de freiner le passage vers des représentations mentales (Padberg & Benz, 2011, cité par Moeller & al., 2011).

En dépit d'une abondante littérature sur l'utilisation des doigts en mathématiques, les informations concrètes quant aux pratiques et croyances des enseignants sont limitées. Seules les études de Multu et al. (2020) et de Poletti et al. (2023) semblent s'être penchées sur cette question. Par conséquent, des limites subsistent dans les études menées jusqu'à présent. En effet, si les chercheurs s'accordent à dire que les pratiques des enseignants sont influencées par leurs croyances, ils soulignent également qu'il demeure essentiel de prendre en considération d'autres dimensions, telles que le sentiment de compétence, le statut socio-économique des élèves, le type d'enseignement et le nombre d'années d'expérience des enseignants (Multu & al., 2020 ; Poletti & al., 2023).

Ce mémoire s'inscrit dans la lignée des études menées par Mutlu et al. (2020) ainsi que Poletti et al. (2023) et vise dès lors à contribuer à la recherche sur les pratiques des enseignants concernant l'utilisation des doigts dans l'apprentissage des mathématiques, en se focalisant sur le contexte scolaire francophone de Belgique. Dans cette perspective, l'objectif de ce mémoire est d'examiner l'impact des croyances, du sentiment de compétence et de certaines caractéristiques démographiques telles que le nombre d'années d'expérience ou le statut socio-économique des élèves sur les pratiques d'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques, tant dans le cadre de l'enseignement fondamental général que spécialisé en Belgique francophone. Afin de répondre à ce questionnement, un questionnaire en ligne ciblant les quatre variables clés de cette recherche a été élaboré. Le premier ensemble de questions recueillait des informations sur les caractéristiques démographiques, englobant à la fois des traits personnels tels que l'âge et le nombre d'années d'expérience, ainsi que des éléments contextuels liés à leur lieu d'exercice, comme le niveau socio-économique de l'école ou le type d'enseignement. Le deuxième ensemble de questions visait à déterminer si les enseignants

utilisaient les doigts comme support à l'apprentissage des mathématiques. Le troisième ensemble de questions ciblait les croyances des enseignants par rapport à cet usage des doigts, en récoltant leurs avis sur les bénéfices et inconvénients qu'il peut occasionner dans l'apprentissage de cette discipline. Enfin, le dernier ensemble de questions était dédié au sentiment de compétence et requérait une auto-évaluation de l'enseignant de ses propres compétences dans le domaine de l'enseignement des mathématiques. Sur base de l'analyse des réponses recueillies, ce mémoire cherche à dépeindre une image des pratiques d'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques en Belgique francophone, tout en identifiant le cas échéant, les facteurs susceptibles d'influencer positivement ou négativement l'attitude des enseignants vis-à-vis de cette méthode pédagogique.

Pour des futurs logopèdes, cet axe de recherche revêt une importance significative, car une prise en soin efficace requiert de tenir compte de la réalité scolaire de l'enfant. Par exemple, si l'usage des doigts en classe est catégoriquement refusé dans le cadre de la résolution de calculs, peut-être sera-t-il plus judicieux de passer par un autre système d'aide qui, lui, sera accepté. Parallèlement, contrairement aux logopèdes, les enseignants en raison de leur contact quotidien avec les élèves, sont idéalement positionnés pour adapter ou enrichir les contextes d'apprentissage à plus large échelle. Barlow et Reddish (2006) soulignent d'ailleurs qu'afin d'améliorer la qualité de l'enseignement des mathématiques, il est impératif de prendre en considération les croyances des enseignants ainsi que des facteurs influençant ces croyances.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.1 LE DEVELOPPEMENT NUMERIQUE

En 2008, Krajewski a proposé un modèle en trois niveaux du développement numérique précoce (voir figure 1 ci-dessous). Ce modèle décrit la transition d'une compréhension procédurale à une compréhension de plus en plus conceptuelle des nombres.

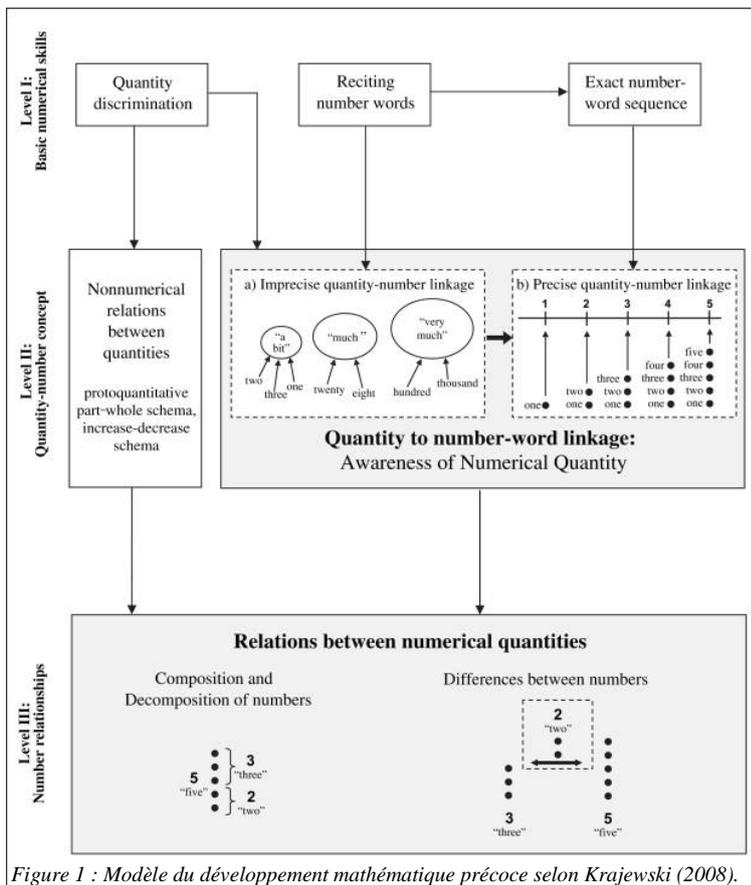


Figure 1 : Modèle du développement mathématique précoce selon Krajewski (2008).

Niveau I : Les compétences numériques de base

Au premier niveau, celui des compétences numériques de base, l'enfant acquiert la notion quantitative des quantités et une compréhension du comptage. À ce stade, l'enfant peut comparer des quantités indéterminées en les observant simultanément et associer chaque mot-nombre précisément à un objet. En revanche, les séquences de mots-nombres restent isolées des quantités qu'elles représentent.

Niveau II : Lien quantité / Mot-nombre

Au second niveau, les mots-nombres acquièrent une signification quantitative. Cet apprentissage se déroule en deux phases. Au départ, le lien entre les mots-nombres et les quantités est approximatif. L'enfant comprend qu'un nombre peut indiquer une petite, une grande ou une très grande quantité dépendamment du temps de comptage nécessaire. Ensuite, une fois que l'enfant acquière que la longueur du comptage est exactement proportionnelle à la quantité correspondante, il saisit que les mots-nombres sont liés à des quantités exactes.

Niveau III : Relations entre les nombres

Au troisième niveau, les compositions et décompositions de nombres deviennent possibles et les enfants comprennent que la différence entre deux nombres est un autre nombre.

Pour finir, Krajewski souligne que le moment d'acquisition de ces différents niveaux peut dépendre de la forme verbale ou écrite des mots numériques, ainsi que de la taille de la numérosité. Elle précise également qu'aucun de ces niveaux n'exige des compétences exclusivement mentales, car même l'acquisition des compétences supérieures (niveaux II et III) peut être soutenue par l'utilisation de matériel concret. Ainsi, l'idée mentionnée dans l'introduction, de recourir à du matériel manipulable pour illustrer un apprentissage abstrait est réaffirmée.

2.2 LE MATERIEL MANIPULABLE

Le terme *manipulatives* provenant de la littérature anglophone, traduit par la suite dans ce mémoire par l'expression « matériel manipulable », fait référence à l'utilisation d'outils concrets ou visuels afin d'illustrer des concepts mathématiques abstraits (Lafay & al., 2019). Cette forme d'outils de soutien au développement numérique est fréquemment employée dans l'enseignement primaire et est recommandée par les manuels de formation des enseignants ainsi que par les associations professionnelles (Carbonneau & al., 2018). Une explication possible de cette recommandation réside dans le fait que, pour l'apprentissage ou l'enseignement de concepts mathématiques, il est préconisé de débiter par du concret, c'est-à-dire de la manipulation de matériaux (ex. pions, cubes, doigts, etc.) avant de progresser vers du représentationnel (ex. points dessinés sur une feuille) afin d'atteindre l'abstraction, c'est-à-dire l'utilisation de nombres et symboles mathématiques (Jones & Tiller, 2017).

En effet, d'après Wiese (2003), les premières représentations des numérosités seraient iconiques aussi bien historiquement que dans l'acquisition des nombres par les enfants. Historiquement, l'utilisation de marques sur des ossements afin de représenter des quantités remonterait à environ 30 000 ans. Il est par ailleurs probable que le comptage sur les doigts, une autre forme iconique de représentation numérique, date de cette période. De même, en début d'apprentissage vers l'âge de trois ans et demi, l'enfant utilise la séquence de mots-nombres plutôt qu'un seul élément pour représenter la cardinalité de l'ensemble. A ce stade, les mots-nombres servent alors d'icône verbale pour la cardinalité de l'ensemble représenté, tout comme les doigts ou les encoches servent d'icônes visuelles. En outre, l'utilisation de représentations familières et de connaissances antérieures permettraient par la mise en évidence

des caractéristiques les plus pertinentes² de renforcer les liens entre les représentations concrètes et abstraites (Weise & Koedinger, 2017).

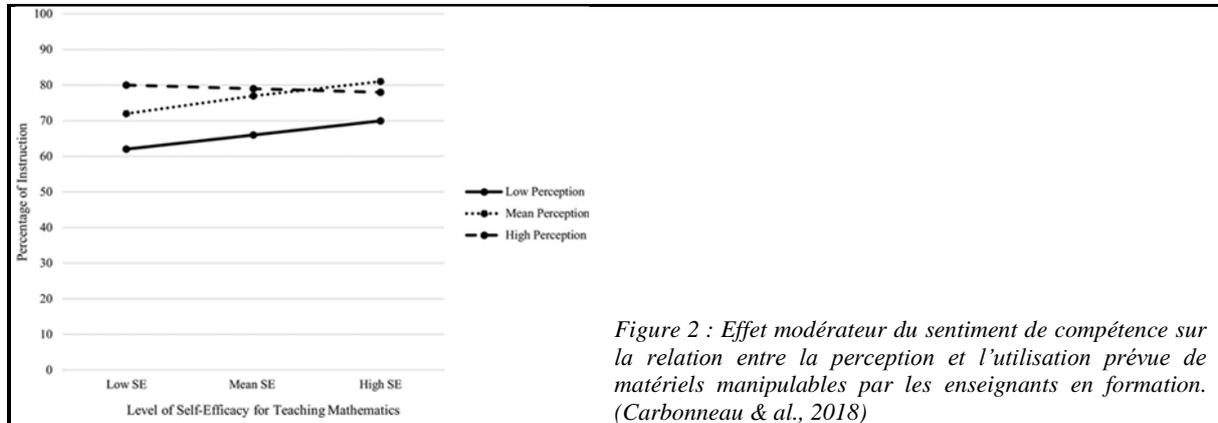
Additionnellement, Ross et al. (2020) soulignent que la présence d'un support perceptif permettrait de réduire la charge en mémoire de travail et d'améliorer les performances arithmétiques. En effet, étant donné que la mémoire de travail est un système à capacité limitée, toute réduction de cette charge conduit à une plus grande efficacité des actes cognitifs.

Cependant, malgré l'approbation relativement généralisée quant à l'utilisation de matériels manipulables dans l'enseignement des mathématiques et des preuves d'efficacité de ces supports au sein d'une partie de la littérature, l'efficacité de ce type de matériel n'est pas uniformément observée. En effet, la simple manipulation d'objets ne suffit pas à promouvoir l'apprentissage des mathématiques. Dans leur méta-analyse de 2013, Carbonneau et al. concluaient que des variables contextuelles telles que le niveau de guidance offert aux élèves pendant le processus d'apprentissage, la richesse perceptuelle de l'objet, et le niveau de développement de l'apprenant modèrent l'efficacité du matériel manipulable. Par conséquent, l'enseignant doit fournir des instructions simples et explicites, ainsi que privilégier l'utilisation de matériel neutre ou non descriptif (par exemple : des formes géométriques) afin de faciliter la généralisation des apprentissages à d'autres concepts. Enfin, l'âge le plus approprié pour l'utilisation de matériel manipulable serait de 7 ans et moins, car les enfants de cette tranche d'âge dépendraient davantage des interactions physiques avec leur environnement pour construire du sens.

D'autres recherches ont également révélé que des facteurs intrapersonnels à l'enseignant, tels que sa perception personnelle du matériel manipulable ou son sentiment de compétence, peuvent influencer l'efficacité d'utilisation de ce matériel. Moyer et Jones (2004) rapportent que les enseignants qui perçoivent le matériel manipulable comme étant secondaire ou accessoire à l'apprentissage incitent involontairement leurs élèves à l'utiliser pour jouer, plutôt que comme outils de soutien aux apprentissages. Carbonneau et al. (2018) observent que le sentiment de compétence des enseignants de mathématiques en formation peut moduler l'utilisation prévue du matériel manipulable. Ainsi, pour les enseignants ayant un sentiment de compétence faible à moyen, au plus la perception du matériel manipulable sera positive, au plus

² Par exemple dans l'acquisition des fractions s'il est demandé à l'enfant de choisir le plus petit nombre entre $1/10$ et $6/10$. Il pourra grâce à ses connaissances antérieures faire la supposition qu'étant donné que 1 est plus petit que 6, la fraction $1/10$ est plus petite. Dans des comparaisons de fractions avec dénominateur identique, la caractéristique saillante est le numérateur, mais dépendamment du problème posé, ces caractéristiques peuvent varier.

les prévisions d'utilisation de celui-ci seront élevées. A l'inverse cependant, le niveau de perception du matériel manipulable aura pour effet de décroître les prévisions d'utilisation chez les enseignants ayant un sentiment de compétence élevé (voir figure 2 ci-dessous pour une représentation visuelle).



Au sein de cette vaste catégorie du matériel manipulable, les doigts sont inclus. Alors que l'utilisation de matériel manipulable dans les apprentissages, malgré les limites précédemment exposées, ne suscite guère de controverse parmi le corps enseignant, la question de l'utilisation des doigts y fait davantage débat. Les opinions divergent quant aux potentiels bénéfiques ou désavantages liés à cet usage pour les apprentissages de base tel que le comptage ou la résolution de problèmes arithmétiques élémentaires (Moeller & al., 2011).

En effet, dans une vision plutôt traditionaliste, il est argumenté que les apprentissages numériques ne devraient pas s'ancrer sur des stratégies basées sur l'utilisation des doigts (Poletti & al., 2023). Il faudrait dès le départ privilégier l'abstraction de l'information numérique afin de prévenir une dépendance excessive aux stratégies de calculs basées sur le comptage (Gaidoschik, 2010, cité par Poletti & al., 2023). L'utilisation de ces stratégies serait d'ailleurs caractéristique des enfants en début d'apprentissage ou rencontrant des difficultés en mathématiques (Koenker, 1958).

A l'inverse, de nombreuses études issues de la recherche en psychologie cognitive et en neurosciences soutiennent que les doigts présentent un potentiel significatif pour l'apprentissage précoce des mathématiques, en raison de leur association intrinsèque avec les représentations numériques (Roesch & al., 2024). Cette étroite association entre les doigts et les nombres est notamment soutenue par les théories de la cognition incarnée, qui postulent que les expériences sensorielles et motrices sont essentielles non seulement pour l'apprentissage abstrait en général, mais aussi pour les apprentissages numériques (Andres & al., 2007). Lorsqu'il s'agit des

stratégies basées sur les doigts, deux procédures sont à distinguer : d'une part le comptage qui repose sur une extension successive de doigts individuels dans un ordre prédéfini typiquement utilisé afin de suivre le nombre d'éléments déjà nommés et d'autre part la gestuelle numérique des doigts qui repose sur une extension simultanée des doigts afin de représenter des magnitudes (Roesch & al., 2024). En effet, ces stratégies, bien qu'exploitant des expériences sensorielles et motrices, diffèrent en termes de processus sensorimoteurs impliqués et de contextes d'utilisation. Au niveau neurobiologique, Sandrini et Rusconi (2009) ont mis en évidence, dans leur revue de la littérature sur les études utilisant la stimulation magnétique transcrânienne (TMS) pour le traitement des nombres, que la relation entre les nombres et les représentations des mains/doigts semble être confinée à l'hémisphère gauche. Quelques années plus tard, Tschentscher et al. (2012) ont démontré, quant à eux, par analyse IRMf que les adultes ayant différentes habitudes de comptage des doigts (ceux qui commencent à compter avec la main gauche vs. ceux qui commencent avec la main droite) activent l'hémisphère contralatéral à la main utilisée pour compter les petits nombres lorsqu'ils sont présentés visuellement, même en l'absence de mouvements visibles des mains. Autrement dit, bien que les résultats divergent d'une étude à l'autre quant aux zones cérébrales impliquées dans le traitement des nombres, ils suggèrent que les zones du cerveau représentant les doigts et les nombres sont liées.

En résumé, l'utilisation des doigts semble être bénéfique pour l'acquisition des compétences numériques de base. Dans les points suivants, des précisions seront fournies quant au rôle spécifique des doigts dans le développement numérique typique et atypique.

2.3 LES DOIGTS DANS LES APPRENTISSAGES NUMERIQUES

Tout d'abord, contrairement à d'autres outils d'aide, les doigts présentent l'avantage d'être naturellement disponibles et facilement manipulables (Bender & Beller, 2012). En outre, ils peuvent être utilisés pour représenter divers objets. Ils occupent ainsi une place intermédiaire entre les objets concrets à compter et le concept abstrait du nombre lui-même (Björklund & al., 2019). Roesch et Moeller (2015), par le biais de leur modèle, argumentent d'ailleurs que les représentations numériques basées sur les doigts fournissent aux enfants un outil physique et visuel qui renforce la compréhension des concepts numériques fondamentaux tels que le comptage, la cardinalité et les relations entre les nombres.

2.3.1 Le modèle de Roesch et Moeller

En 2015, Roesch et Moeller ont repris le modèle du développement numérique précoce de Krajewski (voir figure 1 en page 4) et analysé comment les représentations numériques

basées sur les doigts contribuent au développement de chacun des trois niveaux présents dans ce modèle (voir figure 3 ci-dessous).

Niveau I : Les compétences numériques de base

Au premier niveau, d'après le modèle de Krajewski les enfants apprennent à réciter la séquence des mots-nombres, c'est-à-dire à compter. À ce stade, selon Roesch et Moeller (2015), même sans instruction spécifique, les enfants semblent spontanément se tourner vers leurs doigts et adopter le système de comptage propre à leur culture. Dans les routines de comptage des cultures occidentales, chaque doigt est associé à un nombre spécifique établissant ainsi un lien entre les doigts et les nombres grâce à une représentation iconique du nombre, c'est-à-dire une représentation visuelle directe et simple (Bender & Beller, 2012).

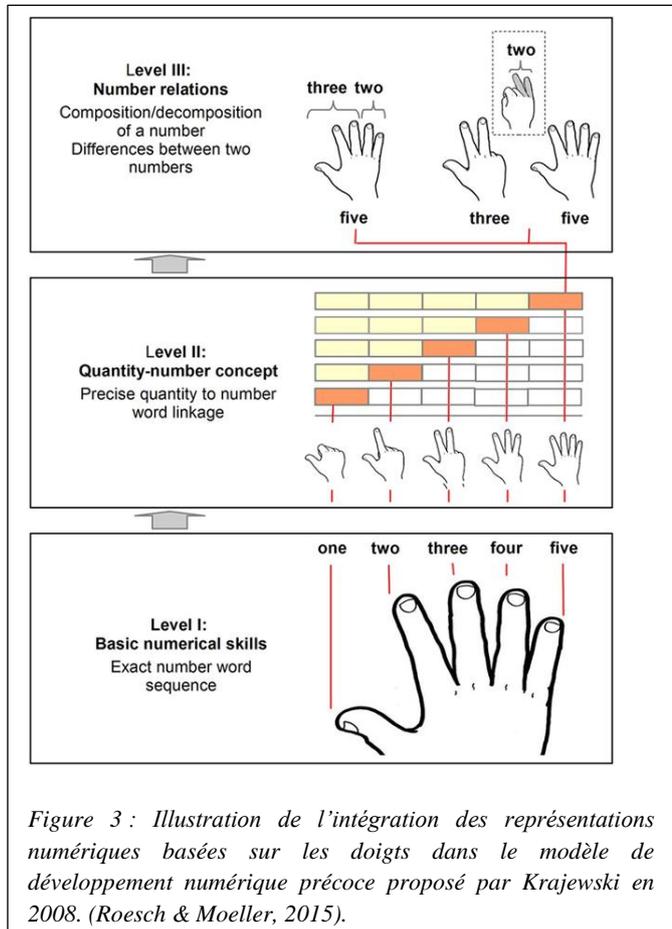


Figure 3 : Illustration de l'intégration des représentations numériques basées sur les doigts dans le modèle de développement numérique précoce proposé par Krajewski en 2008. (Roesch & Moeller, 2015).

Cette association spécifique entre doigts et mots-nombres faciliterait chez les enfants la gestion de la séquence orale de comptage, la mémorisation des mots-nombres, la compréhension des principes de correspondance terme-à-terme³ et d'ordre stable⁴, ainsi que le concept d'ordinalité. En effet, l'utilisation d'une séquence motrice stable met en évidence que chaque mot-nombre représente une unité discrète ayant une position relative au sein de l'ensemble d'éléments de la collection (Beller & Bender, 2011 ; Crollen & al., 2011 ; Roesch & Moeller, 2015).

³ Chaque élément d'une collection ne correspond qu'à une seule étiquette, c'est-à-dire un seul mot-nombre (Gelman & Meck, 1983).

⁴ Les mots-nombres doivent constituer une séquence stable, qui sera toujours identique d'un comptage à l'autre (Gelman & Meck, 1983).

Niveau II : Lien quantité / Mot-nombre

Au deuxième niveau, les enfants prennent conscience de la signification quantitative des différents mots-nombres (Roesch et Moeller, 2015), c'est-à-dire qu'ils acquièrent le principe de cardinalité. Ils comprennent que le dernier mot-nombre prononcé de la séquence de comptage fait référence à la totalité des entités discrètes composant l'ensemble (Gelman & Meck, 1983). En effet, dans nos routines de comptage, les doigts sont étendus les uns après les autres sans les replier, ce qui permet d'avoir une représentation visuelle de la quantité associée à chaque mot-nombre (Brissaud, 1992 cité par Roesch et Moeller, 2015).

Additionnellement, ce comptage sur les doigts est spatialement orienté, il pourrait dès lors également moduler la représentation spatiale de la magnitude. Pitt et Casasanto (2014) observent qu'après seulement 15 minutes d'entraînement au comptage sur les doigts dans une direction de droite à gauche, la tendance générale observée dans les cultures occidentales à associer les petits nombres à la main gauche (Dehaene & al., 1993) peut être modifiée : l'association s'éteindrait voire s'inverserait partiellement.

Niveau III : Relations entre les nombres

Au troisième niveau, les enfants comprennent que les nombres peuvent décrire des relations entre les quantités, telles que la composition (regrouper des quantités pour former un tout), la décomposition (diviser une quantité en parties plus petites) et la comparaison (évaluer les différences entre les quantités). L'utilisation des doigts permet de visualiser ces relations et sert ainsi de support à l'acquisition des principes arithmétiques de base. Par exemple, en étendant ou repliant plusieurs doigts simultanément, les enfants peuvent représenter la somme de deux nombres, décomposer un nombre en deux nombres plus petits ou encore comparer deux nombres. Dès lors, en ajoutant ou retirant des doigts à un ensemble, ceux-ci peuvent notamment être utilisés pour entraîner les concepts d'addition et de soustraction (par exemple : Frey & al., 2024 ; Kullberg & Björklund, 2020).

En résumé, d'après le modèle de Roesch et Moeller (2015), l'utilisation des doigts constitue une stratégie efficace aussi bien pour visualiser et comprendre les concepts mathématiques de base que pour maîtriser les opérations arithmétiques. Certains auteurs avancent même que l'utilisation des doigts permettrait à terme de faciliter l'encodage de faits arithmétiques favorisant ainsi la réalisation de calculs mentaux (par exemple : Baroody, 1987 ; Poletti & al., 2022). Quelques-uns des résultats issus des études à propos de l'utilisation des doigts dans la résolution de calculs arithmétiques et/ou l'encodage de faits arithmétiques sont brièvement présentés dans le point suivant.

2.3.2 Les doigts dans la résolution de calculs arithmétiques et/ou l'encodage de faits arithmétiques

Comme expliqué précédemment, les enfants peuvent réaliser des additions ou des soustractions à l'aide des doigts en les soulevant ou en les abaissant. Cette stratégie est privilégiée lorsque les procédures de calcul ne sont pas encore automatisées, car elle réduit la charge en mémoire de travail (Barrouillet & Lépine, 2005). Au fil de leur apprentissage, les enfants intériorisent ces procédures de calcul et ils abandonnent alors progressivement les stratégies basées sur les doigts pour adopter des stratégies de calcul mental (Poletti & al., 2022).

Baroody (1987) proposait l'évolution suivante pour la maîtrise de l'addition. Pour des sommes inférieures ou égales à 10, les enfants (habituellement d'âge préscolaire) commenceraient par utiliser une procédure de comptage élément par élément, appelée « counting all ». Ensuite, ils passeraient progressivement à une procédure de gestuelle numérique, où ils représentent directement d'abord l'un des ensembles pour y ajouter par comptage le second, appelé « counting on », puis le résultat total. Finalement, pour les sommes supérieures à 10, une composante mentale doit être intégrée. Cette stratégie plus avancée consiste à se représenter mentalement un des deux ensembles, avant d'y ajouter l'autre en utilisant les doigts. Baroody (1987) soutient que cette stratégie favoriserait la transition vers le calcul mental.

Des études ultérieures ont cherché à déterminer la période d'apprentissage qui serait propice à l'utilisation des doigts pour la résolution de calculs arithmétiques de base. Celles-ci ont montré que, pour les enfants jusqu'à 8 ans, l'utilisation des doigts est bénéfique et caractéristique des résolveurs efficaces. Dans une étude longitudinale impliquant des enfants de 4 à 6 ans, Krenger et Thévenot (2024) ont constaté que ceux qui utilisaient leurs doigts pour résoudre des problèmes d'addition étaient systématiquement plus précis que ceux qui ne les utilisaient pas. Poletti et al. (2022) ont observé que les enfants de 3^{ème} maternelle (5-6 ans) les plus compétents en calcul sur les doigts étaient les plus susceptibles d'abandonner cette stratégie deux ans plus tard au profit des stratégies mentales. Domahs et al. (2008) mettent en évidence que les erreurs de type « split-five »⁵ diminuent naturellement entre la 1^{ère} et la 3^{ème} année primaire, suggérant que la dépendance des enfants aux schémas mentaux des doigts (main entière/cinq doigts) diminue avec l'augmentation de la scolarité et de la compétence en calcul. Par ailleurs, l'abandon des stratégies digitales pour des stratégies plus matures dépendrait des capacités de mémoire de travail. En effet, les enfants utilisant encore leurs doigts pour résoudre

⁵ Les erreurs de type « split-five » correspondent à des solutions déviant de plus ou moins 5 du résultat correct (Domahs & al., 2008).

des additions en 2^{ème} primaire disposeraient de capacités de mémoire de travail inférieures à celles des enfants ayant abandonné cette stratégie (Poletti & al., 2022). Parallèlement, Jordan et al. (2008) ont déterminé que le recours aux doigts pour la résolution de calculs s'avère le plus bénéfique lors des premières étapes de l'acquisition. A mesure que les enfants acquièrent d'autres stratégies plus efficaces, c'est-à-dire des stratégies mentales (habituellement à partir de la 2^{ème} primaire), cette tendance s'inverse, et une corrélation négative apparaît. Ajoutant à ces résultats, Crollen et Noël (2015) ont démontré que l'interdiction de l'utilisation des doigts chez les enfants de 5 ans a un effet délétère sur leurs performances en addition en 1^{ère} primaire.

Tout comme pour l'addition, différentes stratégies de calcul permettent de résoudre des soustractions. Björklund et al. (2019) ont cherché à identifier les stratégies d'utilisation des doigts les plus efficaces. Sur base de 42 observations réalisées auprès d'enfants de 4-5 ans sans éducation formelle préalable en mathématiques, ils ont identifié 3 manières d'utiliser les doigts pour résoudre des soustractions du type « Tu as 10 bonbons et tu en manges 6, combien t'en reste-t-il ? ». Dans environ 50 % des cas, avec un taux de réussite d'environ 80 %, la stratégie utilisée consistait à représenter les parties et le tout avec les doigts sans passer par un comptage individualisé de ceux-ci. Dans environ 33% des cas, avec un taux de réussite d'environ 86%, la stratégie utilisée consistait à représenter les parties et/ou le tout avec les doigts en combinaison avec un comptage unitaire. La dernière stratégie, utilisée dans environ 14 % des cas, consistait à réaliser exclusivement un comptage unitaire des doigts. Cette méthode n'a pas permis aux enfants de trouver la solution. Dès lors, il est important de prendre en compte que toutes les stratégies de comptage aux doigts ne facilitent pas la résolution de soustractions. En outre, les auteurs observent que la capacité à passer d'une signification ordinale à une signification cardinale pour un même nombre serait un prérequis à la compréhension de la relation partie-tout. Björklund et al. (2021) ainsi que Palmér et Björklund (2023) confirment ce constat.

Pour finir, il faut noter que seuls 44 % des enfants ont utilisé spontanément ou après incitation leurs doigts. Ce résultat de 44 % semble donc confirmer les observations de Crollen et al. (2011) qui suggéraient que l'utilisation des doigts dans la résolution de problèmes mathématiques n'est pas toujours naturelle chez l'enfant. Jordan (2003) avait, par ailleurs, également constaté que l'utilisation spontanée des doigts n'est pas identique dans toutes les populations, les enfants issus de familles à faibles revenus semblent moins naturellement y avoir recours pour soutenir la résolution de problèmes arithmétiques.

Concernant les stratégies d'utilisation des doigts dans la multiplication et la division, les études sont rares. Seul Bahadir (2017) a mené une étude qualitative auprès de 11 élèves de 2^{ème}

primaire afin d'évaluer si l'utilisation des doigts pouvait efficacement soutenir l'enseignement des tables de multiplication. L'idée étant qu'adopter une approche visuelle permettrait de concrétiser les apprentissages tout en améliorant l'attention et la motivation des apprenants. Les observations réalisées durant l'intervention ont révélé que l'attention et la motivation des enfants participants étaient maintenues. En outre, grâce à la visualisation sur les doigts, les élèves semblaient avoir assimilé la logique des tables de multiplication et la majorité d'entre eux rapportaient ne pas avoir rencontré de difficulté lors de cette activité. Les enseignants participant à l'étude ont également conclu que cette technique semblait efficace, car elle améliorerait la motivation des élèves et leur compréhension de la multiplication. Cependant, certains ont exprimé des réserves, estimant que cela pourrait ralentir la vitesse de calcul des élèves. Cette réserve pourrait partiellement expliquer le constat de Campbell et Xue (2001), qui soulignent qu'une approche d'apprentissage par cœur est privilégiée dans l'enseignement des multiplications, tandis que les problèmes de soustraction sont enseignés par des procédures sans insister sur la mémorisation.

En résumé, l'efficacité de l'utilisation des doigts en tant que soutien à la résolution de problèmes arithmétiques dépend de multiples facteurs tels que l'âge et/ou le niveau scolaire de l'élève (voir Crollen & Noël, 2015 ; Jordan & al., 2008 ; Krenger & Thévenot, 2024 ; Poletti & al., 2022), les stratégies digitales utilisées (voir Björklund & al., 2019), les pratiques à domicile (voir Jordan, 2003) et les stratégies d'apprentissage enseignées à l'école (Campbell & Xue, 2001).

Jusqu'à présent, les études présentées semblent donc dépeindre un tableau favorable à l'utilisation des doigts dans les apprentissages. En effet, elles mettent en évidence un rôle fonctionnel des doigts dans l'acquisition de divers concepts mathématiques clés tels que le comptage, la cardinalité, la réalisation d'opérations arithmétiques simples, etc. Toutefois, ces observations ne suffisent pas à établir une nécessité absolue de leur usage dans les apprentissages. Afin d'investiguer cette question de la nécessité, le point suivant se focalise sur l'utilisation des doigts chez les enfants présentant un développement atypique, plus spécifiquement dans le cadre du trouble de l'apprentissage en mathématiques et des troubles moteurs.

2.3.3 Les doigts dans le développement atypique

En 1988, Shalev et al. ont comparé les compétences arithmétiques d'enfants de 9 à 15 ans avec et sans dyscalculie développementale. Les performances des participants atteints de dyscalculie indiquaient que la compréhension et la production de nombres étaient relativement

préservées, tandis que la récupération de faits arithmétiques ainsi que la réalisation d'opérations arithmétiques simples posaient des difficultés. En outre, la mémorisation de faits arithmétiques était déficitaire voire inexistante. Geary (2011) précise que les enfants présentant des difficultés d'apprentissage en mathématiques, ainsi que leurs pairs ayant des compétences faibles en arithmétique, commettent plus d'erreurs procédurales⁶ que les enfants du même niveau scolaire sans difficulté. De plus, même en l'absence d'erreurs, ces enfants utilisent des procédures de comptage en association avec leurs doigts pour les aider à suivre le comptage, alors que leurs pairs comptent mentalement, « dans leur tête ». Concernant l'encodage en mémoire à long terme, Thevenot et al. (2016) ont démontré que, comparativement aux enfants tout-venants, qui ont tendance à mémoriser les faits additifs simples vers l'âge de 9-10 ans, les enfants dyscalculiques utilisent toujours des stratégies de comptage sur les doigts au même âge.

Parallèlement, Berteletti et Booth (2016) concluaient que l'usage des doigts chez les enfants présentant des difficultés d'apprentissage en mathématiques serait plus fréquent car ceux-ci sont utilisés comme une stratégie de secours. En effet, les doigts serviraient à compenser les difficultés rencontrées dans la mémorisation de faits arithmétiques simples ainsi que dans la réalisation de calculs simples, en fournissant une trace visuelle et tactile qui faciliterait la compréhension des opérations arithmétiques de base.

Il convient également de noter que l'étude de Soltész et al. (2007) a révélé que les réponses électro-physiologiques lors de la réalisation d'une tâche simple de comparaison de nombres à un chiffre différaient entre des adolescents de 16-17 ans avec et sans diagnostic de dyscalculie développementale. Les adolescents avec dyscalculie présentaient des profils neuropsychologiques spécifiques, se caractérisant par une performance déficitaire sur la rotation mentale des doigts et la connaissance des doigts. Par conséquent, une connaissance déficiente des doigts pourrait être associée à des mécanismes cérébraux atypiques pour la réalisation de tâches numériques de base.

Parallèlement, Thevenot et al. (2014) ont mené une étude visant à mieux comprendre la relation entre les doigts et les nombres, et plus précisément, à évaluer le rôle des doigts dans les tâches arithmétiques chez des enfants de 7-11 ans présentant une hémiplégié unilatérale (affectant principalement le haut du corps) sans retard mental. En effet, ces enfants, ayant une perception altérée de leurs doigts sur leur main plégique (Bleyenheuft & Thonnard, 2011),

⁶ Exemple d'erreur procédurale : la sous-estimation dans la stratégie du « counting on ». Pour le problème « $5 + 3 = ?$ », ces enfants tendent à compter « 5, 6, 7 ». Ils ajoutent donc bien trois mots-nombres, mais ne maintiennent pas la valeur cardinale du « 5 ».

pourraient, d'après la littérature, présenter des difficultés dans le traitement des nombres. Dès lors, si les doigts représentent une étape nécessaire dans le développement numérique, les enfants hémiplésiques devraient rencontrer des difficultés avec les tâches numériques requérant l'usage des doigts. Afin d'évaluer leurs forces et faiblesses, des tâches numériques simples et complexes, symboliques (usage spontané des doigts pour compter, comptage de syllabes, comparaison de nombres, pattern du comptage aux doigts) et non-symboliques (comparaison non-symbolique, subitizing) leurs ont été administrées par Thevenot et al. (2014). Les résultats ont montré que dans les tâches liées aux doigts et aux activités numériques symboliques, les enfants hémiplésiques n'utilisent pas spontanément leurs doigts. Néanmoins, comme les enfants tout-venants, ils reconnaissent mieux les configurations canoniques d'utilisation des doigts, ce qui suggère qu'elles sont stockées en mémoire. De plus, ils éprouvent des difficultés en comparaison de nombres, mais leurs capacités arithmétiques sont préservées probablement grâce à l'utilisation de stratégies d'adaptation. Dans les activités numériques non-symboliques, en revanche, les enfants hémiplésiques n'éprouvent pas de difficulté à comparer des groupes d'objets, sauf dans le cas du subitizing pour des collections non-canoniques plus grandes, où ils doivent alors dénombrer les éléments pour déterminer le cardinal même d'une petite collection. Les difficultés rencontrées par les enfants hémiplésiques dans les activités numériques symboliques sembleraient donc soutenir l'hypothèse du rôle des doigts dans le développement des représentations numériques. Toutefois, le fait que les habiletés arithmétiques soient préservées suggère que les doigts sont une aide et non une nécessité absolue pour le passage des compétences non-symboliques vers les compétences symboliques.

En résumé, la nécessité des doigts dans le développement des compétences numériques varie en fonction des caractéristiques propres à l'enfant. Les enfants présentant des difficultés d'apprentissage en mathématiques tendent à recourir davantage aux doigts, soit pour représenter des quantités numériques, soit pour faciliter l'exécution de procédures spécifiques aux opérations, comparativement à leurs pairs. En revanche, les enfants ayant des troubles moteurs montrent que des stratégies alternatives peuvent compenser efficacement les limitations physiques, suggérant que les doigts fonctionnent davantage comme un outil d'aide que comme une nécessité absolue pour l'acquisition des compétences numériques.

2.3.4 Conclusion

Pour conclure, l'utilisation des doigts dans les apprentissages a été étudiée depuis de nombreuses années. Des études ont examiné l'utilisation des doigts tant dans le développement des apprentissages numériques précoces chez l'enfant typique que chez l'enfant atypique.

D'après les observations issues de cette littérature, l'utilisation des doigts semble jouer un rôle dans le développement des compétences numériques ultérieures. Pour rappel, Crollen et Noël (2015), par exemple, ont démontré qu'empêcher l'utilisation des doigts à 5 ans a un effet délétère sur les performances en résolution d'additions en première primaire.

Cependant, comme le montre les études sur les enfants ayant des troubles moteurs, bien qu'utile, cet usage n'est pas absolument nécessaire pour un développement optimal des compétences liées aux nombres. En effet, plusieurs compétences telles que la pensée abstraite (facilitant le passage entre les représentations concrètes et symboliques), les compétences spatiales (permettant la représentation d'une ligne numérique mentale orientée spatialement et la compréhension du système de numération décimale), la mémoire de travail (permettant les manipulations de quantités et les procédures arithmétiques en plusieurs étapes), et la maîtrise du langage (sous-jacente aux routines de comptage et à la récupération des faits arithmétiques, entre autres) sont essentielles pour devenir un calculateur compétent (Kaufmann, 2008). Par conséquent, les doigts devraient être considérés comme un outil utile vu qu'ils peuvent soutenir ces apprentissages, mais ils ne sont pas indispensables (Crollen & al., 2011 ; Thevenot & al., 2014).

En outre, comme souligné par Beller et Bender (2011), le système de comptage sur les doigts n'est utile que pour un ensemble restreint d'activités. En effet, les doigts ne seront jamais parfaitement adaptés pour représenter des numérosités dépassant 10 et encore moins des nombres négatifs. Il est donc crucial de s'assurer que les enfants puissent, au cours de leur développement, s'extraire progressivement des procédures initiales reposant sur des représentations concrètes afin de pouvoir à terme manipuler mentalement des quantités et des ensembles abstraits (Thevenot, 2014). D'ailleurs, l'abandon des stratégies digitales pour les stratégies mentales semble s'opérer naturellement chez l'enfant entre la 1^{ère} et la 3^{ème} primaire (Domahs & al., 2008 ; Jordan & al., 2008 ; Poletti & al., 2022). Ainsi, l'usage prolongé des doigts au cours du développement chez les enfants présentant des difficultés en mathématiques reflète probablement un besoin persistant d'aides externes pour compenser une difficulté à se représenter mentalement les numérosités et à les encoder en mémoire (Berteletti & Booth, 2016 ; Poletti & al., 2022 ; Thevenot & al., 2016).

Compte tenu de ces observations, il est envisageable que l'incorporation explicite de l'utilisation des doigts dans les programmes scolaires puisse être bénéfique non seulement aux enfants tout-venants, mais aussi aux enfants atteints de dyscalculie développementale. Néanmoins, très peu d'études ont cherché à évaluer les pratiques d'utilisation des doigts au sein

des établissements scolaires ou à identifier les facteurs pouvant influencer ces pratiques. En effet, bien que les recherches aient mis en évidence l'efficacité de l'utilisation des doigts dans diverses stratégies arithmétiques et leur rôle facilitateur dans le développement des compétences numériques, il existe un manque notable de recherches appliquées sur le terrain. Dans le point suivant, les études de Mutlu et al. (2020) et de Poletti et al. (2023) examinant les pratiques et l'avis des enseignants à propos de l'utilisation des doigts pour l'enseignement des mathématiques seront présentées.

2.4 LES DOIGTS ET LA PERSPECTIVE EDUCATIVE

Selon les recherches en didactique des mathématiques, l'utilisation des doigts serait le point de départ pour compter et calculer. Toutefois, il s'agirait d'un processus de transition entre des représentations numériques concrètes et des représentations abstraites (Crollen & Noel, 2015 ; Jay & Betenson, 2017 ; Moeller & al., 2011). Ainsi, la compréhension du nombre se développerait initialement au travers d'interactions avec le monde physique et deviendrait progressivement indépendante de ces interactions pour devenir de plus en plus abstraite (Soylu & al., 2018). C'est pourquoi les chercheurs dans ce domaine considèrent que l'utilisation prolongée des doigts pourrait entraver la mise en place de stratégies de calcul plus matures et abstraites, telles que la rétention de faits arithmétiques. Ils suggèrent dès lors de limiter le comptage sur les doigts à une certaine période (Mutlu & al., 2020) et recommandent notamment de l'abandonner au plus tard à la fin de la deuxième année primaire (Moeller & al., 2011). L'argumentaire des chercheurs en didactique des mathématiques repose principalement sur l'idée que les enfants qui persistent à utiliser des stratégies de comptage sur les doigts à un âge plus avancé présenteraient des performances plus faibles en mathématiques. Cependant, ils n'ont, jusqu'à présent, pas encore pu déterminer si l'utilisation des doigts entrave réellement le développement de stratégies cognitives plus complexes ou si l'utilisation de cette stratégie persiste simplement parce qu'elle est la seule disponible (Moeller & al., 2011).

Outre l'éventuelle nécessité pour l'enfant d'utiliser ses doigts, divers facteurs spécifiques à l'enseignant, tels que ses croyances et son sentiment de compétence, influenceraient aussi l'acceptation de cette pratique. En effet, des études ont révélé que les croyances des enseignants exercent une influence notable sur leurs pratiques pédagogiques (Fives & Gill, 2014 ; Philipp, 2007), et que les convictions relatives aux mathématiques demeurent généralement stables au fil du temps (Phelps-Gregory & al., 2020). Le sentiment de compétence, quant à lui, jouerait également un rôle central dans la pratique pédagogique, car il affecte directement l'engagement des enseignants et leurs méthodes d'enseignement (Gibson & Dembo, 1984 ; Simon & Tardif,

2006). Ainsi, les croyances et le sentiment de compétence des enseignants peuvent constituer une base pour leurs actions et guider leurs décisions pédagogiques.

Cependant, l'influence de ces facteurs spécifiques à l'enseignant semble à ce jour n'avoir été que très peu explorée. La littérature concernant les croyances et les pratiques des enseignants vis-à-vis de l'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques paraît se limiter à deux études : celle de Mutlu et al. (2020) et celle de Poletti et al. (2023).

2.4.1 Mutlu et al. (2020)

Mutlu et al. (2020) ont mené une étude visant à explorer les opinions des enseignants quant à l'utilisation du comptage sur les doigts dans l'enseignement des mathématiques. Pour ce faire, ils ont réalisé une étude qualitative composée de 8 questions ouvertes auprès de 34 enseignants turcs issus de l'enseignement maternel et primaire ordinaire, ainsi que de l'enseignement spécialisé.

Leur premier constat fut que la majorité des enseignants (28) affirmait utiliser les doigts pour les apprentissages. Les enseignants de maternelle et du spécialisé les utilisent principalement au travers de jeux et de chansons afin d'enseigner le comptage, tandis que les enseignants de primaire et de mathématiques les emploient presque exclusivement pour les opérations d'addition et de soustraction. Parmi les participants, 18 ont déclaré autoriser leurs élèves à utiliser les doigts pour les additions et 12 ont déclaré utiliser spontanément les doigts pour enseigner ces deux opérations. Les stratégies enseignées explicitement sont le « counting on from first »⁷ et le « counting on from larger »⁸. Concernant les deux autres opérations, à savoir la multiplication et la division, 12 des participants affirment utiliser leurs doigts pour enseigner les multiplications. La méthode la plus utilisée consiste à ouvrir autant de doigts que l'un des multiplicateurs et compter en rythme l'autre multiplicateur autant de fois qu'il y a de doigts ouverts. Un seul participant utilise les doigts pour enseigner la division. En effet, il estime que la division est directement liée à la multiplication et que les deux méthodes sont donc connexes.

Le second constat révèle que les enseignants participants ont reconnu à la fois des avantages et des inconvénients à l'utilisation des doigts. D'une part, ils notent que les doigts, étant toujours accessibles, sont plus pratiques que d'autres outils manipulables et contribuent à

⁷ Par exemple pour le calcul « $3 + 5 = ?$ » : on compte le nombre de mots-nombres requis, ici c'est 5, après le chiffre donné en premier, ici c'est 3. On compte donc « 4, 5, 6, 7, 8. La réponse est 8. ».

⁸ Par exemple pour le calcul « $3 + 5 = ?$ » : on compte le nombre de mots-nombres requis, ici c'est 3, après le chiffre le plus grand des deux, ici c'est 5. On compte donc « 6, 7, 8. La réponse est 8. ».

rendre l'arithmétique plus tangible. Cette perspective est cohérente avec les conclusions de la recherche en psychologie cognitive et en neurosciences (voir par exemple Beller & Bender, 2011). D'autre part, ils soulignent que l'utilisation des doigts pourrait devenir une habitude, entraînant un ralentissement dans la résolution des calculs. Cependant, ce dernier point n'a pas été corroboré par les recherches en psychologie cognitive et en neurosciences. En effet, on ne sait pas déterminer si l'utilisation des doigts entrave réellement le développement de stratégies cognitives plus matures et donc plus rapides ou si l'utilisation de cette stratégie persiste simplement parce qu'elle est la seule disponible (Moeller & al., 2011). Il convient également de souligner que la majorité des enseignants ayant un avis négatif sur l'utilisation des doigts enseignent en primaire ou spécifiquement les mathématiques, tandis que les enseignants du spécialisé ou de maternelle tendent à percevoir principalement des avantages à cette pratique.

Le troisième constat indique que la plupart des enseignants (30) juge nécessaire de restreindre l'utilisation des doigts à une certaine période. Toutefois, il n'y a pas de consensus sur l'âge auquel cette limite devrait être fixée : 22 participants suggèrent une limite d'âge entre 4 et 8 ans, tandis que 8 toléreraient son utilisation jusqu'à 11 ans. Les raisons avancées pour justifier une limitation incluent : « la pensée abstraite commence », « ce n'est pas pratique et c'est une perte de temps », et « il y a un risque que cela devienne permanent ». Ainsi, bien que les recommandations des enseignants concernant la limite d'âge soient globalement conformes à celles proposées par la recherche en psychologie cognitive et en neurosciences, leurs justifications pour l'établissement de cette limite divergent. En effet, les enseignants affirment que l'utilisation prolongée des doigts pourrait freiner le développement de stratégies mathématiques plus matures telles que le calcul mental, tandis que les chercheurs en psychologie cognitive et en neurosciences soutiennent qu'une utilisation précoce et efficace des doigts favorise de meilleures performances et conduit à un abandon naturel de cette méthode (voir par exemple Poletti & al., 2022). Toutefois, certains participants, surtout parmi les enseignants du spécialisé, estiment qu'il n'y a pas d'âge limite pour l'utilisation des doigts. Ils avancent des arguments tels que : « chaque apprenant est différent », « il faut permettre l'utilisation des doigts jusqu'à ce que l'élève comprenne la logique », et « il ne devrait pas y avoir de limite pour les enfants en enseignement spécialisé ». Ces avis rejoignent alors plutôt le point de vue cognitiviste, qui considère que la persistance de la stratégie digitale peut être simplement due à son statut de seule méthode disponible (Moeller & al., 2011).

Le quatrième constat porte sur les caractéristiques que les enseignants associent aux élèves utilisant leurs doigts pour compter et résoudre des calculs arithmétiques. Les principaux

traits mentionnés incluent « un manque de confiance », « des difficultés d'apprentissage », « des problèmes de mémoire », « un jeune âge » et « la persistance d'une habitude ». Une fois de plus, certains de ces éléments correspondent à ceux mis en évidence dans la recherche en psychologie cognitive et en neurosciences. En effet, « des difficultés d'apprentissage » et « des problèmes de mémoire » pourraient retarder le passage à des stratégies plus matures (voir par exemple Thevenot & al., 2016), et dans le cadre d'un développement typique des compétences en arithmétique, un jeune âge est associé à une tendance plus élevée à l'utilisation des doigts dans les apprentissages (Jordan & al., 2008).

Enfin, en ce qui concerne les méthodes efficaces pour inciter les élèves à se passer de leurs doigts, plus de la moitié des enseignants ont indiqué ne pas utiliser de méthodes spécifiques, justifiant cela par le fait que « le comptage aux doigts n'est pas néfaste pour les élèves » et qu'« il n'y a pas de temps en classe pour amener les enfants à se passer de leurs doigts ». Parmi les enseignants qui utilisent des méthodes pour aider les élèves à abandonner cette pratique, celles-ci incluent principalement l'utilisation d'autres matériels didactiques manipulables, la réalisation d'opérations simples ou encore des calculs impliquant des nombres plus grands.

2.4.2 Poletti & al. (2023)

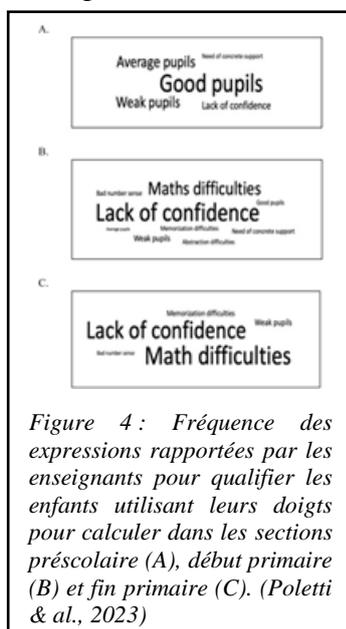
S'inscrivant dans la suite de l'étude de Mutlu et al. (2020), Poletti et al (2023) ont également réalisé une étude visant à évaluer les croyances des enseignants quant à l'utilisation des doigts en mathématiques et l'influence qu'ont celles-ci sur leurs pratiques en classe. Dans cette étude, 447 enseignants français de la grande section maternelle (équivalent à la 3^{ème} maternelle en Belgique) au grade 5 (équivalent à la 5^{ème} primaire) ont été interrogés via une enquête en ligne.

Concernant les pratiques, 98 % des enseignants rapportent que les enfants utilisent leurs doigts pour résoudre des calculs, avec une diminution de cette utilisation au fur et à mesure que le niveau scolaire augmente. Ensuite, 74 % des enseignants déclarent ne pas décourager l'utilisation des doigts auprès de leurs élèves. Ici aussi, le pourcentage d'enseignants d'accord avec cette affirmation diminue avec l'augmentation du niveau scolaire. Enfin, 85 % des enseignants déclarent avoir explicitement enseigné aux enfants l'utilisation des doigts pour effectuer des calculs. Il convient de noter qu'aucune différence significative n'a été observée en fonction du niveau scolaire des enseignants. Poletti et al. (2023) concluent que l'utilisation des doigts est une stratégie courante chez les enfants, qui tend à diminuer avec l'augmentation du niveau scolaire. Cependant, 29 % des enseignants indiquent qu'en 5^{ème} année primaire, 26 %

des enfants utilisent encore leurs doigts, suggérant que cette stratégie ne disparaît pas systématiquement tôt dans le développement. Bien que ce constat ne contredise pas les conclusions des recherches en psychologie cognitive et en neurosciences, il fournit des données quantitatives supplémentaires concernant les pourcentages d'enfants qui continuent à recourir aux doigts au-delà de la 2^{ème} ou 3^{ème} année primaire. Ces informations enrichissent ainsi les connaissances actuellement disponibles sur ce sujet.

Concernant les croyances des enseignants sur l'utilisation des doigts, 68 % pensent que c'est une méthode à promouvoir. Cette opinion varie toutefois selon le niveau scolaire. En effet, dans les classes de fin primaire (3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} primaire), 58 % des enseignants pensent que l'usage des doigts ne devrait pas être encouragé, contre 30 % en début primaire et 7 % en maternelle. Cependant, tous restent enclins à permettre aux élèves d'utiliser leurs doigts si nécessaire. Par ailleurs, indépendamment du niveau scolaire, 79 % des enseignants estiment que l'utilisation des doigts est utile pour l'apprentissage. En outre, 71 % des enseignants, tous niveaux confondus, ne considèrent pas que l'utilisation des doigts soit nocive pour l'apprentissage. Enfin, concernant la nécessité de celle-ci pour le développement numérique, 52 % des enseignants sont d'accord avec cette affirmation, avec des réponses positives plus fréquentes dans les niveaux scolaires inférieurs.

Additionnellement, des analyses complémentaires ont corroboré les observations de Fives et Gill (2014), selon lesquelles les conceptions des enseignants concernant l'utilisation des doigts influencent leurs pratiques pédagogiques. En effet, les enseignants qui considèrent l'utilisation des doigts comme utile, voire nécessaire, sont davantage disposés à enseigner formellement des stratégies basées sur l'utilisation des doigts. À l'inverse, ceux dont l'opinion est négative sont moins enclins à enseigner explicitement les stratégies basées sur les doigts.



Concernant les perceptions des enseignants sur l'utilisation des doigts par les élèves, 52 % estiment qu'il devrait exister un âge limite à cette pratique, la majorité (53,3 %) fixant cet âge entre 8 et 9 ans et demi. Les caractéristiques attribuées aux enfants utilisant leurs doigts varient en fonction du niveau scolaire (voir figure 4 pour une représentation visuelle) : dans les classes de fin primaire (3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème}), les caractéristiques exprimées sont toutes négatives (par exemple : « difficultés en mathématiques », « manque de confiance », etc.). Dans les classes de début primaire (1^{ère} et 2^{ème}), les caractéristiques restent principalement négatives

avec des remarques similaires à celles présentes dans les années supérieures. Cependant, certains enseignants expriment des caractéristiques positives (par exemple : « bons élèves ») ou neutres (par exemple : « élèves moyens »). Enfin, au niveau préscolaire, davantage de caractéristiques positives sont exprimées (36%, contre 7% et 3% pour les autres niveaux), toutefois les caractéristiques négatives continuent de prédominer. Il apparaît donc y avoir une discordance entre les arguments avancés par la recherche en psychologie cognitive et en neurosciences, qui mettent en avant les avantages de l'utilisation des doigts, surtout en début de l'apprentissage, et les perceptions des enseignants. En effet, pour rappel, Crollen et Noël (2015), par exemple, avaient démontré que restreindre l'utilisation des doigts chez des élèves de 5 ans pouvait avoir des effets préjudiciables sur leurs performances en mathématiques au cours de la première année primaire. Or, Poletti et al. (2023) constatent que la vision des enseignants concernant l'utilisation des doigts demeure majoritairement défavorable, indépendamment du stade de l'apprentissage.

Poletti et al. (2023) concluent que les enseignants français considèrent l'utilisation des doigts comme un outil utile pour le développement des compétences arithmétiques. Toutefois, la majorité d'entre eux associent le recours à cette stratégie aux élèves présentant des difficultés en mathématiques.

2.4.3 Les limites de ces études et l'approfondissement possible de la recherche

Ces deux études ont exprimé présenter certaines limites. Poletti et al. (2023), décrivent d'ailleurs leur étude comme étant un premier pas vers une compréhension plus approfondie des attitudes et des croyances des enseignants concernant l'utilisation des doigts.

Pour commencer, il convient d'examiner les limites méthodologiques des études. En effet, l'étude de Mutlu et al. (2020) présente deux limites, qui ont été adressées dans la réévaluation par Poletti et al. (2023). La première limite concerne la taille réduite de l'échantillon, qui ne comprend que 34 participants. La seconde concerne la formulation de l'une des questions posées : « Quelle devrait être la limite d'âge pour l'utilisation des doigts dans les opérations arithmétiques ? Pourquoi ? ». En présupposant qu'une telle limite d'âge est nécessaire, cette question présente un biais de formulation qui pourrait avoir influencé les réponses des participants. Or, il est crucial que les questions posées dans une étude ne suggèrent pas de réponses spécifiques aux participants (Willis et Lessler, 1999).

Ensuite, il convient d'examiner les limites pratiques qui ont été mises en avant par les auteurs des études eux-mêmes. Un premier point de recherche à approfondir concernerait les

caractéristiques propres à l'enseignant et son lieu d'exercice. Il pourrait être intéressant de prendre en considération d'une part le nombre d'années d'expérience, ainsi que d'autre part le niveau socio-économique des élèves et le type d'enseignement.

Concernant l'influence du nombre d'années d'expérience sur la perception de l'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques, Akinboboye et al. (2023) mettent en évidence que la perception des doigts peut être fonction de l'expérience. Les enseignants ayant 16 à 20 ans d'expérience considéraient le comptage sur les doigts comme plus important pour le développement des compétences en mathématiques que les enseignants ayant entre 11 et 15 ans d'expérience. Néanmoins, aucune différence significative n'a pu être établie avec les autres catégories d'expérience, à savoir 1 à 5 ans et 6 à 10 ans.

A propos de l'impact du niveau socio-économique des élèves, Jordan et al. (2003) avaient constaté que l'utilisation spontanée des doigts est moins fréquente parmi les enfants issus de familles à faible revenu. Parallèlement, ces enfants commenceraient à recourir à leurs doigts seulement à partir de la 1^{ère} année primaire et continueraient de les utiliser plus fréquemment en 2^{ème} primaire, comparativement à leurs pairs issus de milieux socio-économiques moyens, qui utilisent leurs doigts dès la 3^{ème} maternelle et cessent progressivement entre la 1^{ère} et la 2^{ème} année primaire (Jordan & Levine, 2009). Par conséquent, les enfants provenant de milieux socio-économiques défavorisés suivent une trajectoire développementale distincte en ce qui concerne l'utilisation des doigts, par rapport à ceux issus de milieux socio-économiques plus favorisés. Il se pourrait dès lors que, dans les écoles avec de nombreux enfants issus de milieu socio-économiquement faible, les enseignants constatent un maintien prolongé des stratégies digitales.

De surcroît, comme l'indiquent Poletti et al. (2023), les enseignants en ordinaire tendent généralement à attribuer des caractéristiques négatives aux élèves utilisant leurs doigts. Ils considèrent l'utilisation des doigts comme étant le signe de difficultés en mathématiques. Néanmoins, ils ne semblent pas arborer ce type d'association lorsqu'il s'agit de l'enseignement spécialisé. Si cette perception est généralisée au travers des différents types d'enseignement, les pratiques et croyances des enseignants du spécialisé pourraient donc différer de celles des enseignants de l'ordinaire.

Un second point de recherche à approfondir concernerait le sentiment de compétence des enseignants. En effet, aucune des deux études ne l'aborde spécifiquement, alors qu'il constitue un facteur potentiellement déterminant pour la réussite des apprenants (Allinder, 1994 ; TIMSS,

2011). Le sentiment de compétence constituerait la pierre angulaire du développement des compétences, influençant non seulement les objectifs que les individus se fixent mais aussi l'importance qu'ils accordent à l'atteinte de ces objectifs et leur confiance en leur capacité à réussir (Bandura, 2007). Selon Bandura (2003), sans une croyance en l'efficacité de leurs actions, les individus sont peu enclins à agir. Les travaux de Gibson et Dembo (1984) confirment que ce sentiment joue un rôle crucial dans les choix pédagogiques et les stratégies mises en œuvre par les enseignants. En effet, un enseignant qui se sent compétent est plus susceptible de mettre en place des stratégies pédagogiques efficaces. Cependant, malgré tout cela, peu d'études se sont intéressées à l'influence des croyances et du sentiment de compétence sur l'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques.

Une des rares études sur l'effet du sentiment de compétence ou d'auto-efficacité chez l'enseignant en mathématiques a été menée par Nurlu (2015). Cette étude s'est déroulée en deux phases. D'abord, le sentiment d'auto-efficacité a été mesuré auprès de 33 enseignants du primaire, via l'échelle « Self-Efficacy Beliefs toward Mathematics teaching Scale » (Riggs et Enochs, 1990, adaptée par Dede, 2008). Trois sous-facteurs ont été évalués : (1) l'efficacité des enseignants dans l'enseignement des mathématiques, autrement dit les façons dont les compétences pédagogiques des enseignants en mathématiques aident les élèves à apprendre les mathématiques ; (2) la croyance des enseignants en leur capacité à motiver les élèves et à assumer la responsabilité de leur apprentissage ; (3) l'enseignement efficace, autrement dit les raisons pour lesquelles l'intérêt des élèves pour les mathématiques augmente. Les résultats indiquent que, contrairement aux deux premiers facteurs qui ont reçu une majorité de réponses « haut sentiment d'auto-efficacité », seulement 57 % des enseignants considèrent qu'ils ont une grande auto-efficacité pour fournir un enseignement efficace.

Ensuite, les 4 enseignants ayant obtenu les plus hauts et bas scores à la partie précédente ont été sélectionnés afin de participer à une interview semi-structurée ayant pour but d'identifier de potentielles différences entre les participants ayant un haut versus un bas sentiment d'auto-efficacité.

Les résultats de l'étude de Nurlu (2015) indiquent que, dans l'ensemble, les enseignants manifestent un sentiment de compétence élevé. Cependant, cette recherche met en évidence des variations significatives entre les enseignants ayant une forte croyance en leur propre efficacité et ceux ayant une croyance plus modeste en celle-ci. En effet, les enseignants avec une plus grande confiance en leur efficacité se distinguent par une intensité accrue d'efforts et de persistance auprès des élèves, une ouverture plus prononcée aux nouvelles idées et méthodes

pédagogiques, une conviction plus marquée dans les réussites des élèves et une prise de responsabilité plus affirmée pour leur succès. Par ailleurs, ces enseignants attachent davantage d'importance à l'établissement de relations chaleureuses avec leurs élèves plutôt qu'avec les parents. L'étude souligne également que le sentiment de compétence est corrélé à une meilleure acceptation des initiatives des élèves et à une attention plus grande aux besoins individuels.

En complément, Carbonneau et al. (2018) suggèrent que les enseignants avec un sentiment de compétence plus élevé seraient plus aptes à réguler leur anxiété en situation complexe. Cette régulation de l'anxiété leur permettrait de proposer des stratégies pédagogiques plus efficaces et adaptées aux besoins des élèves.

2.5 CONCLUSION

L'exploration de l'utilisation des doigts dans l'apprentissage des mathématiques révèle un panorama complexe de croyances et de pratiques pédagogiques. Les recherches en psychologie cognitive et en neurosciences indiquent que les doigts jouent un rôle significatif au début du développement numérique des enfants, facilitant la transition des représentations concrètes des nombres aux représentations abstraites (Crollen & Noel, 2015 ; Jay & Betenson, 2017 ; Moeller & al., 2011 ; Wiese & Koedinger, 2017). Ils pourraient également aider à renforcer la compréhension des relations quantitatives (cf. modèle de Roesch & Moeller, 2015), à améliorer la précision des calculs (Krenger & Thévenot, 2024) et à faciliter l'encodage de faits arithmétiques (Baroody, 1987 ; Poletti & al., 2022). Les travaux de Jordan et al. (2008) et de Poletti et al. (2022) viennent compléter ce tableau en suggérant que l'utilisation des doigts est bénéfique en début d'apprentissage des mathématiques, mais que leur usage prolongé au-delà des périodes recommandées pourrait indiquer des difficultés spécifiques, telles que des problèmes de mémoire de travail. Ainsi, l'intégration des doigts comme outil d'apprentissage en mathématiques est soutenue par des preuves empiriques convaincantes.

Cependant, l'efficacité de cette méthode est également influencée par le contexte pédagogique et les stratégies d'enseignement employées (Björklund et al., 2019). Les croyances des enseignants (Fives & Gill, 2014 ; Philipp, 2007) et leur sentiment de compétence (Nurlu, 2015) jouent un rôle crucial dans l'application de cette méthode.

Finalement, les études menées auprès d'enseignants révèlent que la majorité d'entre eux considèrent les doigts comme un outil utile pour les jeunes élèves, mais que cette perception évolue avec l'âge des élèves, devenant plus critique dans les niveaux scolaires supérieurs (Poletti & al., 2023). Toutefois, cette limite devrait peut-être être établie de manière plus fluide,

dépendamment du type d'enseignement dans lequel l'enfant évolue ou encore en fonction du niveau socio-économique dans lequel il vit. Le débat régnant, notamment autour de la question de la nécessité d'une limite d'âge pour l'utilisation des doigts, illustre bien la complexité et la richesse des facteurs influençant les pratiques pédagogiques.

Ces éléments suggèrent que, pour améliorer les pratiques pédagogiques et optimiser l'apprentissage des mathématiques, il est essentiel de prendre en compte non seulement les données empiriques sur l'efficacité des méthodes d'enseignement, mais aussi les croyances et le sentiment de compétence des enseignants. Par ailleurs, sachant que les caractéristiques démographiques telles que le nombre d'années d'expérience ou le statut socio-économique des élèves pourraient modérer les croyances et le sentiment de compétence des enseignants, ces facteurs doivent être pris en considération.

Les recherches à venir devraient dès lors se concentrer sur l'analyse approfondie de ces facteurs (caractéristiques démographiques, croyances et sentiment de compétence) et sur la manière dont ils peuvent être pris en considération dans les stratégies pédagogiques afin de favoriser le développement des compétences mathématiques des élèves. La suite de ce mémoire aura donc pour objectif d'examiner l'impact des caractéristiques démographiques, des croyances et du sentiment de compétence sur les pratiques pédagogiques en mathématiques.

3 OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

3.1 OBJECTIFS

Dans cette optique, ce mémoire vise à répondre à la question de recherche suivante : « Quel est l'impact des caractéristiques démographiques, des croyances et du sentiment de compétence sur les pratiques d'utilisation des doigts en mathématiques dans l'enseignement fondamental général et spécialisé en Belgique francophone ? ». Afin de mieux cerner les enjeux de cette question de recherche, il est essentiel de clarifier les différents termes la composant, en les situant dans le contexte spécifique de ce mémoire.

Au sein de cette recherche, les caractéristiques démographiques englobent tout critère susceptible d'influencer les pratiques pédagogiques. En s'appuyant sur la littérature existante, l'analyse se concentrera plus spécifiquement sur les éléments suivants :

- (1) le nombre d'années d'expérience : ce facteur pourrait affecter la manière dont les enseignants perçoivent l'utilisation des doigts, et par conséquent, leurs pratiques d'enseignement (Poletti & al., 2023 ; Akinboboye & al., 2023). Selon l'étude d'Akinboboye et al. (2023), une plus grande expérience semble être associée à une acceptation accrue de l'utilisation des doigts.
- (2) le statut socio-économique des élèves : ce critère pourrait influencer la manière dont les enfants utilisent leurs doigts, ce qui pourrait, à son tour, affecter les croyances des enseignants (Poletti & al., 2023 ; Jordan & Levine, 2009). Jordan et Levine (2009) ont mis en évidence que l'utilisation des doigts se maintient plus longtemps (2^{ème} année primaire) au sein des populations plus défavorisées, toutefois, l'utilisation débiterait également plus tard (1^{ère} année primaire). Parallèlement, la persistance de l'utilisation des doigts chez les élèves est souvent associée par les enseignants à des perceptions négatives, telles que « l'utilisation des doigts ralentit la vitesse de résolution » ou « l'utilisation des doigts est indicatrice d'une difficulté plus générale en mathématiques ». Par conséquent, les enseignants pourraient être moins enclins à promouvoir cette stratégie de calcul (Gibson & Dembo, 1984) et pourraient même ajuster leurs pratiques pédagogiques en raison de croyances négatives associées à la persistance de l'utilisation des doigts.
- (3) le type d'enseignement au sein duquel exerce l'enseignant : l'utilisation des doigts est fréquemment considérée comme un outil de soutien pour les enfants rencontrant des difficultés en mathématiques. D'ailleurs, les enseignants de l'ordinaire semblent

considérer que la limite d'âge d'utilisation des doigts recommandée pour les élèves de l'ordinaire ne devrait pas être d'application dans l'enseignement spécialisé (Mutlu & al., 2020). Si cette tendance se confirme parmi les enseignants du spécialisé, il est plausible que les pratiques et les croyances varient en fonction du milieu d'enseignement (Poletti & al., 2023).

Les croyances des enseignants portent ici sur la notion de limite d'âge relative à l'utilisation des doigts, ainsi que sur les avantages et inconvénients perçus de cette pratique dans l'apprentissage des mathématiques. En effet, bien que les auteurs s'accordent à recommander, à partir d'un certain âge, une substitution des stratégies digitales par des méthodes de calcul mental (Mutlu & al., 2020 ; Moeller & al., 2011 ; Poletti & al., 2023), aucune limite d'âge précise n'a encore été établie. Par ailleurs, les études de Mutlu et al. (2020) et Poletti et al. (2023) ont révélé que les enseignants perçoivent à la fois des avantages et des inconvénients à l'utilisation des doigts. Or, ces croyances influenceront leurs pratiques pédagogiques (Fives & Gill, 2014 ; Philipp, 2007).

Le sentiment de compétence se définit comme la perception qu'ont les enseignants de leur propre capacité à organiser et mettre en œuvre leur enseignement (TIMSS, 2011). Un sentiment de compétence élevé favoriserait une plus grande acceptation des initiatives des élèves par les enseignants, ainsi qu'une plus grande attention aux besoins individuels des élèves (Allinder, 1994 ; Nurlu, 2015). En outre, comme l'indiquent Carbonneau et al. (2018), un sentiment de compétence plus élevé serait associé à une meilleure régulation de l'anxiété face aux situations problématiques, ce qui conduirait à une gestion plus efficace du choix des stratégies pédagogiques adaptées aux besoins des élèves.

Enfin, les pratiques sont catégorisées en fonction de l'acceptation ou du rejet de l'utilisation des doigts dans l'apprentissage des mathématiques, ainsi que de l'emploi d'autres matériels manipulables à la place ou en complément de ces derniers.

3.2 HYPOTHÈSES

En complément de la question de recherche initiale et sur la base de la littérature existante, plusieurs hypothèses ont émergé, conduisant ainsi à la formulation de diverses questions de recherche visant à les évaluer.

La première hypothèse porte sur l'impact potentiel des croyances des enseignants sur leurs pratiques d'enseignement : « *Si les croyances des enseignants quant à l'utilisation des*

doigts sont positives, alors l'acceptation, voire l'encouragement de leur utilisation en classe sera présente, en particulier dans le développement atypique ». Cette première hypothèse implique deux sous-hypothèses.

Premièrement, il est hypothétiquement proposé que « Si les enseignants considèrent que l'utilisation des doigts est positive pour le développement des compétences mathématiques, alors l'acceptation voire l'encouragement de leur utilisation en classe sera présente ». La question de recherche associée pourrait alors être formulée ainsi : « Quel est l'effet des croyances (VI) des enseignants concernant l'utilisation des doigts sur les pratiques des enseignants (VD) ? » Dans le cadre du questionnaire, les croyances ont été évaluées à travers trois questions distinctes : « Je pense que les enfants peuvent utiliser leurs doigts à tout âge. », « Je pense que le comptage sur les doigts présente des avantages pour les apprentissages mathématiques. », et « Je pense que le comptage sur les doigts présente des inconvénients pour les apprentissages en mathématiques. ». Sachant que ces croyances pourraient être modulées par des caractéristiques démographiques propres à l'enseignant et à son lieu d'exercice, le nombre d'années d'expérience récolté via la question « J'enseigne depuis... moins de 5 ans / 5 à 15 ans / 16 à 25 ans / plus de 25 ans. » et le statut socio-économique de la classe estimé sur base du nom de l'école ainsi que de son code postal, seront pris en considération. Les pratiques ont, quant à elles, été évaluées par la question suivante : « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages ».

Deuxièmement, il est postulé que « Si les enseignants considèrent que l'utilisation des doigts est plus favorable dans le cadre du développement atypique, alors l'acceptation de l'utilisation des doigts pour les enfants au développement atypique par les enseignants sera plus élevée. » La question de recherche correspondante pourrait être formulée comme suit : « Quel est l'effet du type d'enseignement (VI) sur les pratiques des enseignants (VD) ? ». En pratique, le type d'enseignement a été évalué par la question : « Actuellement, je travaille principalement dans l'enseignement... Spécialisé / Ordinaire », tandis que les pratiques ont été mesurées par la question : « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages. ».

La seconde hypothèse examine l'impact du niveau scolaire sur les pratiques pédagogiques choisies par l'enseignant : « *Si les enseignants considèrent que les doigts sont utiles ou nécessaires pour entrer dans les apprentissages, alors l'acceptation voire l'encouragement de leur utilisation en classe sera élevé* ». Cette hypothèse conduit à la question de recherche suivante : « Quel est l'effet du niveau scolaire (VI) sur les pratiques des enseignants concernant

l'utilisation des doigts (VD) ? ». Dans le questionnaire, le niveau scolaire des participants a été évalué par la question : « Actuellement, j'enseigne principalement en ... (année scolaire) », tandis que les pratiques d'utilisation des doigts ont été mesurées par la question : « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages ».

La troisième hypothèse concerne le potentiel impact du sentiment de compétence sur les pratiques d'enseignement : « *Si le sentiment de compétence des enseignants amène des pratiques moins directives, alors les enseignants qui se sentent le plus compétent devraient être plus enclins à accepter que les élèves utilisent leurs propres méthodes, dont les doigts* ». Cette hypothèse mène à la question de recherche suivante : « Quel est l'effet du sentiment de compétence des enseignants (VI) sur les pratiques concernant l'utilisation des doigts (VD) ? ». En pratique, le sentiment de compétence a été évalué à travers trois questions : « Lorsque mes élèves utilisent leurs doigts pour calculer, je sais comment les guider pour qu'ils se passent de cette méthode. », « Lorsque mes élèves utilisent du matériel concret pour calculer, je sais comment les amener à se passer des objets concrets. » et « Je me sens à l'aise de laisser l'enfant utiliser ses propres méthodes pour résoudre des calculs ». Les pratiques pédagogiques ont, comme indiqué précédemment, été mesurées par la question suivante : « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages ».

4 MÉTHODOLOGIE

4.1 COMITÉ D'ÉTHIQUE

Ce projet s'inscrit dans la poursuite de la recherche entamée par Maëlle Neveu (n° de dossier : 2122-060) et a reçu un avis favorable du comité d'éthique de la FPLSE (Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation).

4.2 PARTICIPANTS

4.2.1 Critères d'inclusion et d'exclusion

Les individus éligibles pour cette enquête doivent être en âge d'enseigner, c'est-à-dire âgés de 18 à 65 ans. Pour participer à cette étude, ils doivent exercer dans l'enseignement fondamental de la troisième maternelle à la sixième primaire, ou dans tout type d'enseignement spécialisé (du type 1 au type 8). En outre, ces personnes doivent enseigner en Belgique francophone.

Certains critères d'exclusion ont été établis, et les résultats des personnes entrant dans ces critères ont été exclus : (1) les enseignants polyvalents, suppléants ou aidants, c'est-à-dire ceux qui n'ont pas de classe qui leur est propre ; (2) les questionnaires incomplets ; (3) les participants n'enseignant pas en Belgique francophone.

Les réponses des enseignants dits polyvalents, suppléants ou aidants ne sont pas incluses dans l'analyse des résultats, car leur inclusion pourrait venir fausser l'analyse des données par année scolaire. Ces participants ont été identifiés sur base de leur sélection de la case « autre » à la question ciblant le niveau d'enseignement. Toutefois, les résultats des enseignants ayant une classe multi-âge (par exemple, 1-2^{ème} primaire) ont été retenus pour les analyses. En effet, sur base du traitement de données proposé dans l'étude de Poletti et al. (2023), les niveaux scolaires rapprochés seront analysés ensemble, ainsi les réponses des enseignants en classe multi-âge peuvent être traitées. Les questionnaires incomplets ont, quant à eux, été exclus afin de maintenir la fiabilité des résultats. Enfin, les participants n'enseignant pas en Belgique francophone ont été exclus de l'analyse des données, car la question de recherche porte spécifiquement sur les enseignants belges.

Néanmoins, pour la réalisation du pré-test du questionnaire, les critères d'inclusion avaient été étendus afin d'inclure les enseignants français. L'objectif du pré-test étant de vérifier la formulation des questions, la clarté du vocabulaire et la complétude du questionnaire, le fait d'enseigner en France ne constitue pas un obstacle. Cependant, les autres critères d'exclusion demeurent applicables pour la sélection des participants. Ainsi, les enseignants sans classe propre ont été exclus, car ils ne pouvaient pas répondre adéquatement à certaines questions du questionnaire, telles que celles concernant la présence ou l'absence de stratégies de résolution de calculs chez l'ensemble des élèves ou encore la fréquence d'enseignement formel des stratégies digitales par l'enseignant. Enfin, les participants étaient dans l'obligation de parcourir et compléter le questionnaire dans son intégralité.

4.2.2 Taille de l'échantillon

La taille d'échantillon est déterminée en fonction des analyses statistiques envisagées. Dès lors, étant donné que cette étude vise principalement à décider si des variables sont probablement liées ou pas, le test statistique approprié est un test chi-carré. En effet, celui-ci est utilisé pour tester l'hypothèse nulle d'absence de relation entre deux variables catégorielles. Par ailleurs, ce mémoire s'appuie sur la méthodologie de Poletti et al. (2023), qui ont également utilisé des tests chi-carré.

Le calcul de la taille minimale de l'échantillon a été réalisé à l'aide du logiciel G*Power. Le tableau 1 ci-dessous reprend le nombre minimum de participants requis en fonction de l'effet de taille sélectionné (ω de Cohen), du seuil de signification α , de l'erreur β , ainsi que des degrés de liberté.

D'après Cohen (2016), les conventions pour les sciences comportementales sont de 0,1, 0,3 et 0,5 pour les tailles d'effet faibles, moyennes et fortes respectivement. En l'absence d'une valeur spécifique fournie dans l'article de référence de Poletti et al. (2023), la valeur conventionnelle de 0,5 a été choisie. Pour le seuil de signification α , qui représente le risque de commettre une erreur de type I, c'est-à-dire de rejeter incorrectement l'hypothèse nulle, c'est la valeur conventionnelle de 5% qui a été retenue. Concernant la puissance du test, calculée comme étant de 1 moins la probabilité d'erreur β . L'erreur β , ou erreur de type II, désigne le risque de conserver incorrectement l'hypothèse nulle. Ici, c'est le seuil de 0,8 qui a sélectionné malgré une puissance conventionnelle de 95%. En effet, dans certains domaines de recherche, tels les sciences comportementales et cognitives ou les sciences de l'éducation, une puissance de 0,8 est préférée pour équilibrer le risque de ne pas détecter un effet réel (erreur de type II) tout en restant réalisable en termes de taille d'échantillon et de ressources disponibles (Cohen, 1988). Cela implique toutefois l'acceptation d'une erreur de type II allant jusqu'à 20%. Les degrés de liberté sont, quant à eux, calculés sur base du nombre de variables reprises dans le tableau de contingence : le nombre de lignes moins 1 est multiplié par le nombre de colonnes moins 1.

			$df = (r-1)*(c-1)$			
ω	Alpha	Power	2	3	4	5
0,5	0,05	0,8	39	44	48	52

Tableau 1 : Taille minimale de l'échantillon

4.2.3 Participants

Lors de la collecte des données, un total de 74 réponses au questionnaire a été recueilli. Tous les participants ont consenti à participer volontairement à cette étude. Parmi ces réponses, neuf ensembles de données ont été écartés des analyses statistiques. Deux questionnaires ont été exclus en raison de leur inachèvement. Les sept autres réponses ont été exclues car elles ne remplissaient pas les critères d'inclusion : six participants étaient enseignants polyvalents, de remédiation ou occupant d'autres fonctions et donc sans classe propre, tandis qu'un participant n'enseignait pas en Belgique.

Les analyses statistiques ont finalement été effectuées sur les réponses de 57 participants issus de l'enseignement ordinaire et de 8 participants provenant de l'enseignement spécialisé. Ainsi, le nombre total de participants éligibles pour cette étude s'élevait à 65, avec une répartition détaillée par niveau scolaire et type d'enseignement présentée dans le Tableau 2 ci-dessous.

Enseignement spécialisé (8 participants)	
Type 2	3 participants
Type 3	2 participants
Type 8	3 participants
Enseignement ordinaire (57 participants)	
3 ^{ème} maternelle	9 participants
1 ^{ère} primaire	10 participants
1-2 ^{ème} primaire	2 participants
2 ^{ème} primaire	13 participants
3 ^{ème} primaire	10 participants
3-4 ^{ème} primaire	3 participants
4 ^{ème} primaire	5 participants
5 ^{ème} primaire	1 participant
6 ^{ème} primaire	5 participants

Tableau 2 : Répartition des participants par année scolaire et par type d'enseignement

4.2.4 Recrutement des sujets et randomisation des 2 versions du questionnaire

Les participants ont été recrutés par diverses méthodes. Certains ont été contactés directement par le biais du bouche-à-oreille ou d'interactions en personne, tandis que d'autres ont été recrutés par voie électronique.

Une première technique de recrutement a consisté en une publication sur les réseaux sociaux, enrichie d'une affiche pour accroître son attrait visuel. Cette publication contenait un message explicatif détaillant l'étude, les critères d'inclusion, ainsi qu'un lien d'accès au questionnaire. Ce lien permettait aux enseignants répondant aux critères et souhaitant participer de le faire facilement. La fonction de « partage » a également contribué à atteindre un public plus large. Ce processus de recrutement s'est effectué par le biais de contacts personnels (par exemple, via des profils privés), ainsi qu'au travers de groupes dédiés aux enseignants (par exemple, « Instit primaire »).

Une seconde méthode de recrutement a consisté en l'envoi de courriels aux directions d'établissements scolaires. Les directeurs et directrices des établissements d'enseignement fondamental et spécialisé ont été identifiés et contactés à partir de l'annuaire des écoles d'enseignement fondamental ordinaire maternel et primaire, ainsi que l'annuaire des

établissements d'enseignement spécialisé. Ces deux annuaires sont consultables sur le site enseignement.be. Des courriels personnalisés ont été adressés à la direction de chaque établissement, sollicitant la participation de leurs enseignants à l'enquête. Si la direction donnait son accord, elle transmettait directement le lien du questionnaire aux enseignants de son établissement.

Enfin, afin de minimiser le biais potentiel lié à l'effet d'ordre, deux versions distinctes du questionnaire ont été diffusées. Pour assurer une répartition aléatoire entre ces versions, un lien URL spécifique a été généré. Ainsi, chaque participant était redirigé de manière aléatoire vers l'une ou l'autre des versions du questionnaire lorsqu'il accédait au lien. Lorsque l'écart entre les taux de réponse des deux versions atteignait 10 %, seule la version ayant reçu le moins de réponses était disponible jusqu'à ce que la différence soit réduite à 5 %.

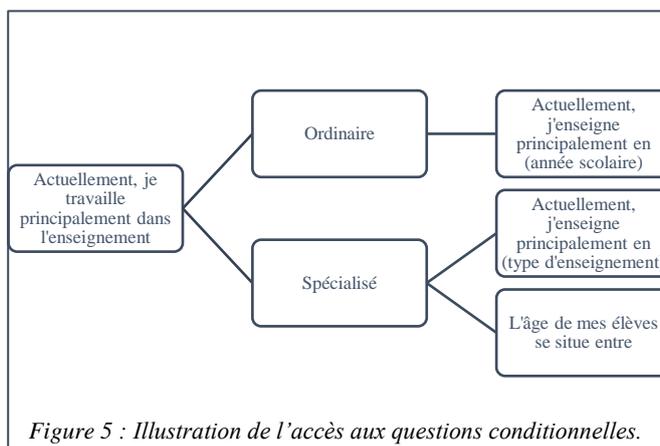
4.3 QUESTIONNAIRE

Pour cette recherche, deux versions du questionnaire informatisé ont été développées à l'aide de la plateforme Google Forms. La création de ces deux versions avait pour but de réduire le biais d'ordre, étant donné que les participants peuvent être influencés par les réponses fournies précédemment et produire des réponses cohérentes par rapport à celles-ci. Il était donc envisageable que les questions portant sur les avantages et les inconvénients perçus de l'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques par les enseignants puissent s'influencer mutuellement. Par conséquent, l'ordre de ces deux questions a été inversé entre la version A et la version B du questionnaire.

La passation du questionnaire durait moins de 10 minutes et se faisait en ligne. Il était accessible via diverses interfaces, telles que les tablettes, les téléphones et les ordinateurs. Les participants devaient cliquer sur le lien URL fourni et compléter le questionnaire en répondant à toutes les questions qui s'affichent sur leur écran.

4.3.1 Composantes du questionnaire

Chaque version du questionnaire comportait un total de 36 questions. Toutefois, les participants ne répondaient pas nécessairement à l'intégralité de ces questions. En effet, le questionnaire était conçu avec des questions conditionnelles : en fonction de leurs réponses, les



participants accédaient uniquement aux sous-sections pertinentes du questionnaire (voir Figure 5 pour un exemple).

Le questionnaire était structuré en 5 parties distinctes : (1) consentement et instructions ; (2) données démographiques ; (3) pratiques de classe ; (4) croyances sur l'utilisation des doigts, et ; (5) sentiment de compétence.

Dans la partie introductive étaient présentés les objectifs de la recherche, les instructions nécessaires à la passation du questionnaire, ainsi que les informations à propos du consentement libre et éclairé. Elle décrivait également les différents types de questions auxquelles les participants étaient amenés à répondre, tels que les questions à choix multiple (QCM), les questions à réponse libre (QRM), les échelles de Likert et les champs libres.

La seconde partie concernait les données démographiques des participants. Cette section recueillait des informations personnelles et professionnelles sur les participants et leur lieu d'exercice. Ces questions cherchaient à déterminer des aspects tels que le niveau socio-économique de l'établissement et l'année scolaire d'enseignement principale, tout en s'assurant que les participants répondent aux critères d'inclusion de l'étude.

La troisième partie explorait les pratiques pédagogiques des enseignants en matière d'enseignement des mathématiques. Les questions se concentraient sur l'utilisation de matériel de manipulation, l'usage des doigts et les stratégies de comptage sur les doigts.

La quatrième partie examinait les croyances des enseignants, en mettant l'accent sur leur opinion concernant l'existence d'une limite d'âge pour l'utilisation des doigts, ainsi que sur les avantages et inconvénients perçus de cette méthode dans l'apprentissage des mathématiques. L'objectif étant de confronter ces croyances aux pratiques pédagogiques observées en classe, afin de déterminer s'il existe un lien entre ces deux variables.

La dernière partie ciblait le sentiment de compétence des participants, en sollicitant des auto-évaluations concernant leur acceptation des méthodes personnelles à l'élève, ainsi que leur capacité à faire en sorte que l'élève se détache de l'utilisation de matériel manipulable concret et des doigts. En effet, il est crucial de déterminer si ce sentiment de compétence peut influencer la propension des enseignants à adopter des méthodes pédagogiques plus diversifiées, susceptibles de mieux répondre aux besoins individuels des apprenants.

4.3.2 Protocole de pré-test

Avant même de proposer le questionnaire à des participants, un contrôle de chaque question a été réalisé à l'aide de la Checklist QAS-99 (Question Appraisal System) développée par Willis et Lessler (1999) (voir annexe 1 pour le contenu de la checklist). Ce type d'outil d'évaluation permet de tester le questionnaire selon des critères précis (Callegaro & al., 2015), afin d'identifier et de corriger d'éventuels problèmes avant sa diffusion (Willis & Lessler, 1999). La checklist comprend plusieurs étapes permettant de détecter des problèmes potentiels dans les instructions ou la formulation des questions. Ainsi, chaque question a été révisée en amont de la phase de pré-test impliquant des participants.

La suite du protocole de pré-test a été conçue pour évaluer à la fois le contenu et la forme du questionnaire auprès de la population cible (Aktouf, 1987), dans le but de prévenir des difficultés potentielles auxquelles les participants pourraient être confrontés pour répondre (De Leeuw & al., 2012). Ce protocole de pré-test s'est articulé en deux phases : (1) une phase d'entretiens qualitatifs de pré-test, de leur nom anglais « *qualitative pretest interviewing (QPI)* », et (2) une phase de contrôle systématique de l'expérience utilisateur et de la forme générale du questionnaire, ainsi que du contenu individuel de chaque item. Deux participants ont réalisé le prétest dans son entièreté, tandis que dix autres ont réalisé uniquement la seconde partie de celui-ci.

Cette approche en deux phases a été privilégiée par rapport à une structure axée uniquement sur des questions fermées, car, selon Buschle et al. (2022), les méthodes ouvertes de pré-test permettent une compréhension plus approfondie des raisons pour lesquelles certaines questions peuvent ne pas fonctionner comme initialement supposé par les auteurs.

Lors de la première phase, le QPI, la méthode « Thinking Aloud » (penser à voix haute) a été employée. Les participants ont répondu au questionnaire en exprimant leurs pensées à haute voix, permettant ainsi au chercheur d'analyser le processus de réflexion et de raisonnement des participants. La structure en 4 étapes du QPI est présentée brièvement dans le tableau 3 ci-dessous.

Étape 1	Le participant lit la question et y répond à voix haute pendant que le chercheur résume ou paraphrase. Il est important lors de cette étape de ne pas interrompre le participant lors de sa réflexion.
Étape 2	Clarification et compréhension active. L'objectif est de voir si le participant comprend le but de la question par l'intermédiaire de ses propres commentaires qui sont ensuite reformulés par le chercheur.
Étape 3	Lorsque des incohérences sont signalées par le participant, un compromis est fait entre l'intérêt de la recherche et ses besoins. La question est ainsi adaptée et un accord final est demandé.
Étape 4	Des remerciements sont faits au participant

Tableau 3 : Structure et communication dans les QPI (Buschle & al., 2022).

À l'issue de l'étape du « thinking aloud » pour les deux premiers participants, afin de ne pas interrompre le processus réflexif (De Leeuw & al., 2012), et directement pour les dix autres participants, des questions (voir tableau 4 ci-dessous pour la liste exhaustive) ont été posées pour évaluer la compréhension et la formulation, ainsi que la précision et les éventuels déficits des items. Ces questions ont été élaborées sur la base des recommandations d'Ikart (2019), Osborne (2002) et Ruel et al. (2016).

Selon vous, la question est-elle facile à comprendre ?	
1. Le vocabulaire est-il compréhensible pour un public d'enseignants ?	Oui / Non
2. La question sous sa formulation actuelle est-elle sans ambiguïté ?	Oui / Non
Selon vous, cette question est-elle pertinente afin de sonder X ?	
Partie 1 : vos pratiques de classe à propos de l'utilisation des doigts ?	Oui / Non
Partie 2 : vos croyances à propos de l'utilisation des doigts ?	Oui / Non
Partie 3 : votre sentiment de compétence en tant qu'enseignant en mathématique ?	Oui / Non
Selon vous, y-a-t-il des choses qui ne vont pas avec cet item ?	Champ Libre
1. Les réponses proposées sont-elles suffisamment exhaustives ?	Oui / Non
L'exemple donné a-t-il aidé à la compréhension de cette question ?	Oui / Non

Tableau 4 : Questions ciblant le contenu de chaque item individuellement.

Enfin, des questions portant sur l'ensemble du questionnaire (voir tableau 5 ci-dessous pour la liste exhaustive) ont été posées aux participants. Conçues conformément aux recommandations de Batanic et al. (2002), Ikart (2019), ainsi que de Ruel et al. (2016), ces questions visaient à évaluer l'expérience utilisateur en examinant l'absence de problèmes techniques liés au format du « Google Forms », ainsi que la longueur du questionnaire. Elles ont également permis de prendre en considération la forme générale du questionnaire en vérifiant sa lisibilité, sa cohérence et la clarté des consignes fournies.

Avez-vous rencontré des problèmes techniques lors de la passation du questionnaire ?	Oui / Non
La lecture du questionnaire se fait-elle facilement ? (Ex. longueur des questions, utilité de l'indicateur de progression, questionnaire engageant)	Oui / Non
Qu'avez-vous pensé de la longueur du questionnaire ?	Champ libre
Pensez-vous que les consignes de passation de l'enquête étaient claires ?	Oui / Non
Selon vous, les questions sont-elles présentées dans un ordre pertinent ?	Oui / Non
Y-a-t-il des questions que vous auriez souhaité voir figurer dans le questionnaire ?	Oui / Non

Tableau 5 : Questions ciblant l'expérience utilisateur et la forme générale du questionnaire.

Les commentaires formulés par les participants ont été adressés au fur et à mesure, permettant ainsi d'apporter des modifications au questionnaire après chaque session afin de réduire progressivement le nombre de révisions nécessaires. Le pré-test a été conclu lorsque deux participants consécutifs n'ont plus soumis de commentaires sur le questionnaire.

Ce pré-test a permis d'identifier et de corriger divers problèmes dans le questionnaire avant sa diffusion. Les modifications apportées incluaient la mise en évidence de mots-clés pour améliorer la lisibilité des questions, la correction d'erreurs de rédaction, ainsi que l'ajout de certains choix de réponses.

Le questionnaire a ensuite été diffusé selon les différentes méthodes de recrutement précédemment décrites. La collecte des données a eu lieu du 22 mars 2023 au 1er juillet 2023.

4.3.3 Construction du questionnaire

Ce questionnaire visait à déterminer la proportion d'enseignants favorables et défavorables à l'utilisation des doigts pour les apprentissages en mathématiques. En outre, il avait pour objectif d'explorer des hypothèses explicatives pouvant moduler l'acceptation ou l'opposition à cette méthode. Ainsi, le questionnaire a été conçu pour intégrer les facteurs explicatifs identifiés dans les études de Mutlu et al. (2020), ainsi que Poletti et al. (2023), tout en prenant en considération les limites évoquées par ces recherches. Pour rappel, les facteurs susceptibles d'influencer les pratiques incluent les caractéristiques démographiques, les croyances et le sentiment de compétence.

Afin de déterminer les pratiques et les croyances des enseignants, huit et sept questions respectivement ont été posées. Les tableaux 6 et 7 ci-dessous, ainsi que tous ceux qui suivront dans ce point, présentent ces questions dans la première colonne, décrivent leur forme dans la seconde (question à choix multiple (QCM), question à réponse multiple (QRM), champ libre (CL), échelle de Likert (EL)), et précisent leur objectif dans la dernière. Lorsqu'une question

est précédée d'une puce, cela indique que l'accès à la question était conditionné par la réponse précédente.

Pratiques		
Dans ma classe, pour enseigner les mathématiques, j'utilise du matériel	QCM	Utilisation de matériel
▪ Dans ma classe, pour enseigner les mathématiques, j'utilise comme matériel	QRM	Précision sur le matériel utilisé
Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme supports aux apprentissages	QCM	Utilisation des doigts
▪ Dans le contexte de ma pratique, j'utilise les doigts pour	QRM	Précision sur l'utilisation des doigts
Lorsque je propose des exercices de calcul à mes élèves	QRM	Précision sur l'utilisation des doigts (acceptation, encouragement, alternative, démonstration)
Fréquence à laquelle je montre à l'ensemble des élèves de ma classe comment utiliser les doigts	QCM	Fréquence de démonstration d'utilisation des doigts (groupe classe)
Fréquence à laquelle je montre aux élèves en difficulté comment utiliser les doigts	QCM	Fréquence de démonstration d'utilisation des doigts (élèves en difficulté)
On distingue différentes stratégies de résolution de calculs sur les doigts ; j'observe ces différentes stratégies chez mes élèves	QCM	Utilisation ou non de stratégies de résolution de calculs au sein de la classe
Parmi les élèves qui utilisent leurs doigts, quelle(s) sont la/les stratégie(s) dominante(s)	QRM	Précision sur les stratégies (dominance de l'une ou l'autre stratégie)
Dans ma pratique actuelle, j'utilise une méthode reconnue d'utilisation des doigts pour enseigner les mathématiques	QCM	Utilisation d'une méthode officielle
▪ Le nom de la méthode que j'utilise est	CL	Nom de la méthode utilisée

Tableau 6 : Questions concernant les pratiques des enseignants

Croyances		
Je pense que les enfants peuvent utiliser leurs doigts en mathématiques à tout âge	QCM	Croyance concernant la limite d'âge potentielle des doigts
▪ Oui (question précédente)	QRM	Précision sur les croyances concernant la limite d'âge
▪ Non (question précédente)	QRM	Précision sur les croyances concernant la limite d'âge
Dans le contexte de ma pratique de classe (niveau scolaire, type d'enseignement), les indicateurs positifs du développement des compétences en mathématiques sont	QRM	Croyances quant aux indicateurs positifs du développement des compétences en mathématiques
Je pense qu'un élève continue d'utiliser des stratégies de comptage sur les doigts pour résoudre des calculs car	QRM	Croyances quant aux raisons pour lesquelles les enfants continuent d'utiliser des stratégies de comptage sur les doigts
Je pense que le comptage sur les doigts présente des avantages pour l'apprentissage des mathématiques	QCM	Croyances quant aux avantages de l'utilisation des doigts
▪ Le comptage sur les doigts pour les apprentissages en mathématiques présente les avantages suivants	QRM	Précision sur les avantages
Je pense que le comptage sur les doigts présente des inconvénients pour l'apprentissage des mathématiques	QCM	Croyances quant aux inconvénients de l'utilisation des doigts
▪ Le comptage sur les doigts pour les apprentissages en mathématiques présente les inconvénients suivants	QRM	Précision sur les inconvénients
Il est important que l'enfant utilise des stratégies mentales afin de résoudre des calculs	EL	Croyances des enseignants
Lorsque mes élèves utilisent leurs doigts pour résoudre des calculs, je trouve que leur vitesse de résolution est plus lente	EL	Croyances des enseignants

Tableau 7 : Questions concernant les croyances des enseignants

Outre les pratiques et les croyances, et en réponse aux limites identifiées par Mutlu et al. (2020) ainsi que Poletti et al. (2023), ce questionnaire avait également pour objectif d'évaluer le sentiment de compétence des enseignants. En effet, la littérature, notamment le rapport TIMSS (2011), suggère que ce sentiment peut influencer les pratiques pédagogiques. Les questions relatives au sentiment de compétence sont présentées dans le tableau 8.

Sentiment de compétence		
Lorsque mes élèves utilisent leurs doigts pour calculer, je sais comment les amener à se passer de leurs doigts	EL	Sentiment de compétence des enseignants
Lorsque mes élèves utilisent du matériel concret pour calculer, je sais comment les amener à se passer des objets concrets	EL	Sentiment de compétence des enseignants
Je me sens à l'aise de laisser l'enfant utiliser ses propres méthodes afin de résoudre des calculs	EL	Sentiment de compétence des enseignants

Tableau 8 : Questions concernant le sentiment de compétence des enseignants

Concernant les questions à propos des données démographiques (voir tableau 9 sur la page suivante pour une liste exhaustive), à l'instar de l'étude de Poletti et al. (2023), une question porte sur le niveau scolaire dans lequel l'enseignant exerce. Toutefois, le terme « principalement » a été ajouté à la question, afin de limiter les réponses à un seul niveau scolaire par participant et de faciliter les analyses statistiques. Pour rappel, Poletti et al. (2023) avaient également identifié trois limites se rapportant à des données démographiques. En conséquence, des questions visant à éclaircir ces aspects ont été intégrées dans le présent questionnaire.

La première limite concernait la prise en considération du niveau socio-économique des élèves. Ni l'étude de Mutlu et al. (2020) ni celle de Poletti et al. (2023) n'ont intégré cet aspect dans leurs analyses. Pourtant, la littérature indique que le niveau socio-économique des élèves peut influencer leur utilisation des doigts en mathématiques, les enfants issus de milieux défavorisés tendant à utiliser cette stratégie plus longtemps tout en la commençant plus tard (Jordan & Levine, 2009). Or cette utilisation prolongée est souvent perçue négativement par les enseignants (Poletti & al., 2023), qui pourraient ainsi être moins enclins à encourager cette méthode et ajuster leurs pratiques pédagogiques en conséquence (Gibson & Dembo, 1984). Il est donc crucial de connaître le niveau socio-économique moyen de la classe dans laquelle l'enseignant exerce. Cependant, obtenir cette information peut s'avérer difficile et demander aux enseignants de procéder à une auto-évaluation pourrait introduire une subjectivité. Par conséquent, afin d'objectiver les réponses, deux questions ont été incluses dans le questionnaire : le nom de l'établissement et le code postal. Ces données permettront d'obtenir des informations officielles sur le niveau socio-économique des établissements en consultant la « liste des implantations de l'enseignement fondamental ordinaire ainsi que la classe à laquelle elles appartiennent, pour l'année scolaire 2020-2021, établie sur base de la situation au 15 janvier 2019 [...] ». (Docu 48085). Ce document officiel fournit un indice de niveau socio-économique des établissements, échelonné de 0 à 20, où 0 représente le niveau le plus bas et 20 le plus élevé.

Une seconde limite identifiée dans l'étude de Poletti et al. (2023) est l'absence de prise en compte de l'enseignement spécialisé. En effet, il est manifeste que l'utilisation des doigts puisse différer entre les établissements d'enseignement fondamental et les établissements spécialisés. En outre, les perceptions des enseignants quant à l'utilisation des doigts peuvent varier selon le type d'établissement dans lequel ils exercent (Poletti & al., 2023). Il est donc essentiel d'inclure à la fois les enseignants des établissements spécialisés et ceux des établissements ordinaires. Cette distinction a donc été intégrée au sein du présent questionnaire.

Enfin, la dernière limite soulignée dans les études de Mutlu et al. (2020), ainsi que Poletti et al. (2023) concerne l'absence de prise en compte du niveau d'expérience des enseignants participants. Or, des auteurs comme Akinboboye et al. (2023) ont démontré que les pratiques pédagogiques peuvent varier en fonction de l'expérience professionnelle de l'enseignant. Par conséquent, une question visant à évaluer ce facteur a été intégrée dans le questionnaire.

Pour finir, quatre questions supplémentaires concernant les caractéristiques propres aux enseignants ont été intégrées aux questionnaires. Ces questions visent à explorer des dimensions additionnelles tel le genre ou le nombre d'élèves par classe, qui, selon la littérature existante, n'ont pas encore été suffisamment examinées.

Caractéristiques démographiques des enseignants		
Actuellement, j'enseigne principalement en (Enseignement ordinaire)	QCM	Année scolaire
Le code postal de la commune dans laquelle je travaille principalement est (<i>Ex. 4800</i>)	CL	Niveau socio-économique
Le nom de l'établissement dans laquelle je travaille principalement est	CL	Niveau socio-économique
Actuellement, je travaille principalement dans l'enseignement	QCM	Type d'enseignement
▪ Actuellement, j'enseigne principalement en (Enseignement spécialisé)	QCM	Type d'enseignement spécialisé
▪ L'âge de mes élèves se situe entre (Enseignement spécialisé)	CL	Age des élèves dans l'enseignement spécialisé
J'enseigne depuis	QCM	Années d'expérience
Je m'identifie en tant que	QCM	Genre
Dans ma classe, il y a actuellement	QCM	Nombre d'élèves
Mon âge est de	CL	Age des participants
Le nombre d'années d'étude dans l'enseignement supérieur que j'ai validé pour exercer mon métier d'enseignant(e)	QCM	Formation effectuée

Tableau 9 : Questions concernant les caractéristiques démographiques des enseignants

Le questionnaire et les questions le composant est disponible dans son intégralité en annexe 2.

4.4 TRAITEMENT DE DONNÉES

Les données collectées via Google Forms ont été analysées à l'aide d'un programme développé en Python, utilisant ses bibliothèques dédiées à l'analyse statistique. Ce programme a été employé pour réduire les erreurs humaines lors du comptage des réponses, générer les figures illustrant les résultats, et réaliser les tests du chi-carré au cours de l'analyse des données.

5 RÉSULTATS

Pour rappel, ce mémoire vise à répondre à la question de recherche suivante : « Quel est l'impact des caractéristiques démographiques, des croyances et du sentiment de compétence sur les pratiques d'utilisation des doigts en mathématiques dans l'enseignement fondamental général et spécialisé en Belgique francophone ? ». En complément à cette question de recherche initiale et sur la base de la littérature existante, trois hypothèses principales et deux sous-hypothèses ont émergé, conduisant ainsi à la formulation de diverses sous-questions de recherche visant à les examiner.

5.1 HYPOTHÈSE 1

« *Si les croyances des enseignants quant à l'utilisation des doigts sont positives, alors l'acceptation voire l'encouragement de leur utilisation en classe sera présente, en particulier dans le développement atypique* ». Cette première hypothèse porte sur l'impact potentiel des croyances des enseignants sur leurs pratiques d'enseignement et implique deux sous-hypothèses.

5.1.1 Sous-hypothèse 1

Premièrement, il est proposé que « Si les enseignants considèrent que l'utilisation des doigts est positive pour le développement des compétences mathématiques, alors l'acceptation voire l'encouragement de leur utilisation en classe sera présente. ». La question de recherche associée pourrait alors être formulée ainsi : « **Quel est l'effet des croyances (VI) des enseignants concernant l'utilisation des doigts sur leurs pratiques d'enseignement (VD) ?** ». En d'autres termes, l'objectif est de déterminer si les pratiques des enseignants relatives à l'utilisation des doigts dans l'apprentissage des mathématiques sont influencées par leurs croyances concernant l'existence d'une éventuelle limite d'âge associée à cette méthode, de leur perception positive ou négative de cette méthode ou encore du nombre d'élèves par classe. Par conséquent, afin de répondre à cette question, les résultats de plusieurs variables du questionnaire ont été analysés à l'aide de tableaux de contingence, permettant la réalisation de tests chi-carré.

5.1.1.1 Limite d'âge pour l'utilisation des doigts et pratiques d'enseignement

La première paire d'items examinée vise à évaluer si les pratiques des enseignants concernant l'utilisation des doigts dans l'apprentissage des mathématiques sont influencées par leur perception éventuelle d'une limite d'âge pour cette pratique. Pour cela, les items analysés

sont les suivants : « Je pense que les enfants peuvent utiliser leurs doigts en mathématiques à tout âge... (oui/non) » et « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme supports aux apprentissages... (oui/non) ». Le premier item évalue les croyances des enseignants concernant l'existence éventuelle d'une limite d'âge pour l'utilisation des doigts, tandis que le second explore les pratiques pédagogiques liées à cette méthode. Les résultats à ces deux items ont été organisés dans un tableau de contingence (voir tableau 10 ci-dessous) et un test du chi-carré a été effectué pour examiner s'il existe une relation entre ces variables. Les hypothèses testées sont les suivantes :

- H_0 : La croyance en une limite d'âge pour l'utilisation des doigts dans les apprentissages en mathématiques et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont indépendants.
- H_1 : La croyance en une limite d'âge pour l'utilisation des doigts dans les apprentissages en mathématiques et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont dépendants.

	Ens. ordinaire		Ens. spécialisé	
	Limite = Oui	Limite = Non	Limite = Oui	Limite = Non
Doigts = Oui	34 (59,65%)	5 (8,77%)	6 (75%)	∅
Doigts = Non	10 (17,54%)	8 (14,04%)	2 (25%)	∅

Tableau 10 : Table de contingence et pourcentages associées pour les données concernant l'éventuelle limite d'âge perçue par les enseignants x l'utilisation de stratégies digitales dans leur enseignement

Dans le cadre de l'enseignement ordinaire, il est observé que la majorité des enseignants qui déclarent utiliser les doigts comme support pédagogique en mathématiques considèrent également que les élèves peuvent recourir à cette méthode quel que soit leur âge. Dix participants indiquent ne pas utiliser les doigts comme outil d'apprentissage, tout en estimant néanmoins que les enfants peuvent utiliser cette technique en mathématiques à tout âge. En revanche, neuf participants adoptent une position contraire, affirmant avoir recours à l'utilisation des doigts pour l'apprentissage, mais jugeant que cette méthode ne convient pas à tous les âges. Enfin, cinq participants déclarent ne pas utiliser les doigts comme support pédagogique et pensent que les enfants ne devraient pas utiliser leurs doigts en mathématiques à tout âge.

Par test de chi-carré, le résultat suivant a été obtenu : $X^2(1, N=57)=0.60, p=.439, ns$. Ces résultats n'apportent donc pas suffisamment de preuves pour rejeter l'hypothèse nulle d'indépendance entre les variables étudiées. En conséquence, pour l'échantillon analysé, il

apparaît que les pratiques pédagogiques des enseignants sont indépendantes de leurs croyances concernant l'âge limite d'utilisation des doigts en mathématiques.

Dans le contexte de l'enseignement spécialisé, l'échantillon récolté indique qu'il existe un consensus unanime sur l'absence de limite d'âge pour l'utilisation des doigts, et que la majorité des enseignants intègre cette méthode dans leurs pratiques pédagogiques. Le chi-carré n'a pas été calculé pour cet échantillon, car il n'entre pas dans les conditions de validités : l'effectif total est inférieur à 20 et l'effectif marginal est inférieur à 5.

En croisant les résultats concernant l'utilisation des doigts dans les apprentissages avec l'enseignement formel des stratégies digitales par les enseignants à l'ensemble de la classe, il apparaît que moins de la moitié des enseignants recourent fréquemment à cette méthode (minimum 1x par semaine). Par ailleurs, deux enseignants ont précisé dans le champ "autre" qu'ils n'utilisent les doigts que lorsqu'ils se confrontent à un élève en difficulté. Ces résultats suggèrent que la notion d'utilisation des doigts dans les apprentissages n'est pas interprétée de manière uniforme par tous les enseignants.

	Jamais		Moins d'une fois par mois		Minimum 1x par mois		Minimum 1x par semaine		Minimum 1x par jour/séance		Arrêt progressif	
	EO	ES	EO	ES	EO	ES	EO	ES	EO	ES	EO	ES
Doigts = Oui	2	1	5	1	6	2	10	1	3	0	13	1
Doigts = Non	9	1	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0

Tableau 11 : Répartition des enseignants déclarant utiliser ou non les doigts pour l'enseignement des mathématiques par rapport à la fréquence à laquelle ils montrent comment utiliser à l'ensemble du groupe classe.

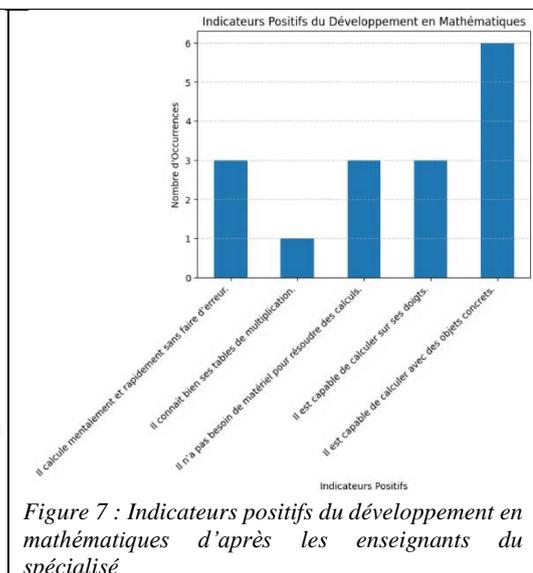
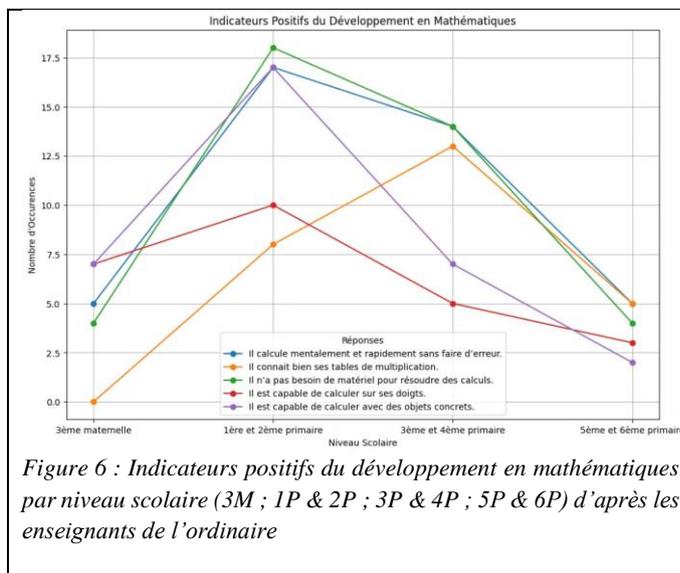
Chaque participant ayant répondu « oui » ou « non » à l'item concernant la limite d'âge a également dû répondre à une sous-question afin de fournir des précisions sur sa réponse.

Parmi les participants qui estiment que les enfants peuvent utiliser leurs doigts en mathématiques à tout âge, la justification principale, apparaissant 51 fois repose sur l'idée que « chaque élève dispose de compétences différentes et peut utiliser ses doigts si nécessaire ». Une seconde justification, moins fréquente apparaissant 8 fois, s'appuie sur l'argument selon lequel cet usage est acceptable « dans le cadre de l'enseignement spécialisé ».

En revanche, parmi ceux qui considèrent que les enfants ne peuvent pas utiliser leurs doigts en mathématiques à tout âge, les deux justifications qui prédominent sont les suivantes : « il faut arrêter d'utiliser les doigts une fois que les principes arithmétiques sont compris » (11 fois) et « sauf dans l'enseignement spécialisé » (4 fois). Les autres justifications, mentionnées de manière isolée, concernent des restrictions liées au niveau scolaire.

Au sein des enseignants qui déclarent ne pas utiliser les doigts comme support aux apprentissages mathématiques, mais qui estiment néanmoins que les enfants peuvent les utiliser à tout âge, on observe une diversité importante quant aux niveaux et types d'enseignement dans lesquels ils exercent. En effet, trois de ces participants enseignent en 6^{ème} primaire, deux en 1^{ère} primaire, deux en 3^{ème} primaire, un en classe multi-âge 3^{ème}/4^{ème} primaire, et deux dans l'enseignement spécialisé de type 3.

Afin d'approfondir l'analyse des croyances des enseignants, il leur a également été demandé, en fonction du niveau scolaire et du type d'enseignement dans lequel ils exercent, de sélectionner ce qu'ils identifient comme étant des indicateurs positifs du développement des compétences en mathématiques. Les deux figures 6 et 7 ci-dessous représentent les différents indicateurs choisis, respectivement en fonction du niveau scolaire pour l'enseignement ordinaire et de manière globale pour l'enseignement spécialisé.



Ces figures mettent en évidence que tous les indicateurs ont été fréquemment observés et varient en fonction du niveau scolaire et du type d'enseignement. Par exemple, dans l'enseignement ordinaire, l'utilisation du matériel et des doigts est perçue comme un indicateur positif jusqu'en 1^{ère} et 2^{ème} primaire, tandis que la connaissance des tables de multiplication devient importante uniquement à partir de la 3^{ème} et 4^{ème} primaire. Il est toutefois à noter que le passage aux stratégies mentales et l'abandon des supports matériels sont considérés positivement dès la 1^{ère} et 2^{ème} primaire.

De plus, les participants ont également été interrogés sur les raisons qu'ils considèrent comme étant responsables d'un recours prolongé des élèves aux stratégies de comptage sur les doigts pour résoudre des calculs. Les deux figures 8 et 9 ci-dessous représentent les différentes

causes identifiées, respectivement en fonction du niveau scolaire pour l'enseignement ordinaire et de manière globale pour l'enseignement spécialisé.

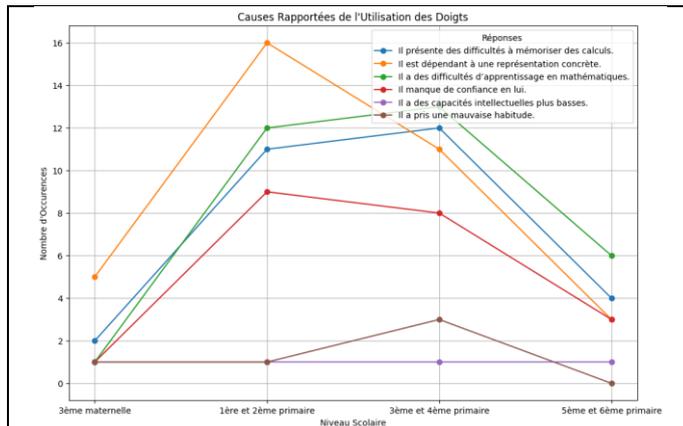


Figure 8 : Causes pour un recours prolongé aux stratégies de comptage sur les doigts par niveau scolaire (3M ; 1P & 2P ; 3P & 4P ; 5P & 6P) d'après les enseignants de l'ordinaire

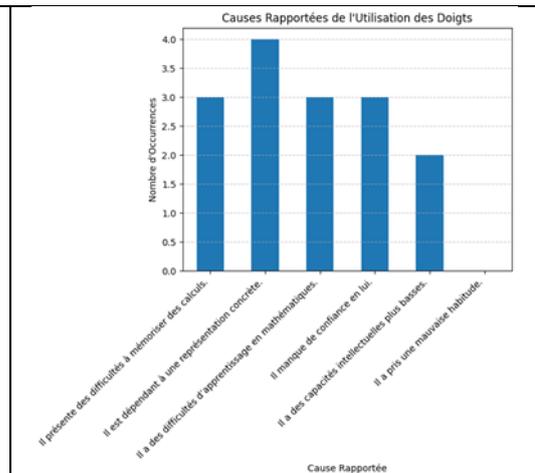


Figure 9 : Causes pour un recours prolongé aux stratégies de comptage sur les doigts d'après les enseignants du spécialisé

Ces figures mettent en évidence que certaines croyances prédominent parmi les enseignants. Les deux motifs les plus fréquemment invoqués pour expliquer la persistance des élèves dans l'utilisation des stratégies de comptage sur les doigts sont liées aux difficultés rencontrées pour passer à des stratégies plus abstraites, c'est-à-dire mentales. De plus, il est notable que dès la 1^{ère} et 2^{ème} primaire, l'usage des doigts est fréquemment interprété par les enseignants comme un indicateur de difficultés d'apprentissage en mathématiques. Enfin, il convient de souligner que, dans le cadre de l'enseignement spécialisé, l'utilisation des doigts n'est jamais perçue comme une mauvaise habitude.

5.1.1.2 Perception positive de l'usage des doigts et pratiques d'enseignement

La seconde paire d'items examinée a pour objectif de déterminer si les pratiques liées à l'utilisation des doigts dans l'apprentissage des mathématiques sont influencées par la perception d'avantages associés au comptage sur les doigts par les enseignants. Pour cela, les items étudiés étaient les suivants : « Je pense que le comptage sur les doigts présente des avantages pour l'apprentissage des mathématiques... (oui/non) » et « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme supports aux apprentissages... (oui/non) ». Le premier item évalue les croyances des enseignants sur les avantages du comptage sur les doigts pour les mathématiques, tandis que le second examine les pratiques concrètes d'utilisation des doigts dans la classe. Les résultats à ces deux items ont été organisés dans un tableau de contingence (voir tableau 12 ci-dessous) et un test du chi-carré a été effectué

pour examiner s'il existe une relation entre ces variables. Les hypothèses testées sont donc les suivantes :

- H_0 : La perception positive de l'utilisation des doigts et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont indépendants.
- H_1 : La perception positive de l'utilisation des doigts et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont dépendants.

	Ens. ordinaire		Ens. spécialisé	
	Avantages = Oui	Avantages = Non	Avantages = Oui	Avantages = Non
Doigts = Oui	43 (75,44%)	1 (1,75%)	5 (62,5%)	1 (12,5%)
Doigts = Non	7 (12,28%)	6 (10,53%)	1 (12,5%)	1 (12,5%)

Tableau 12 : Table de contingence et pourcentages associées pour les données concernant la perception positive des stratégies digitales par les enseignants x l'utilisation de ces stratégies dans leur enseignement

Dans l'enseignement ordinaire, il ressort que la majorité des enseignants qui utilisent les doigts comme outil de soutien dans l'apprentissage des mathématiques considèrent également que cette méthode offre des avantages pour l'acquisition des compétences mathématiques. À l'inverse, un seul enseignant utilise les doigts comme support pédagogique sans percevoir d'avantage associé à cette pratique. Par ailleurs, sept enseignants ne recourent pas aux doigts comme support d'apprentissage, tout en reconnaissant les avantages des stratégies digitales dans l'apprentissage des mathématiques. Enfin, six enseignants estiment que le comptage sur les doigts n'est pas bénéfique pour l'apprentissage des mathématiques et ne les utilisent donc pas dans leur pratique pédagogique.

Par test de chi-carré, le résultat suivant a été obtenu : $X^2(1, N=57)=14.10, p=.00017, s.$ Ces résultats sont significatifs, ils apportent donc suffisamment de preuves pour rejeter l'hypothèse nulle d'indépendance entre les variables étudiées. En conséquence, pour l'échantillon analysé, il apparaît qu'une perception positive de l'utilisation des doigts influence l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques.

Dans le contexte de l'enseignement spécialisé, les données collectées montrent que la majorité des enseignants considère que l'utilisation des doigts offre des avantages pour les apprentissages en mathématiques, avec seulement 25 % d'entre eux ne percevant pas de tels avantages. Toutefois, en raison de la taille limitée de l'échantillon, effectuer une analyse de chi-carré ne serait pas fiable.

Chaque participant ayant répondu que l'utilisation des doigts offre des avantages pour les apprentissages en mathématiques a également dû répondre à une sous-question afin de fournir des précisions sur sa réponse. Les deux figures 10 et 11 ci-dessous représentent les

différents avantages identifiés, respectivement en fonction du niveau scolaire pour l'enseignement ordinaire et de manière globale pour l'enseignement spécialisé.

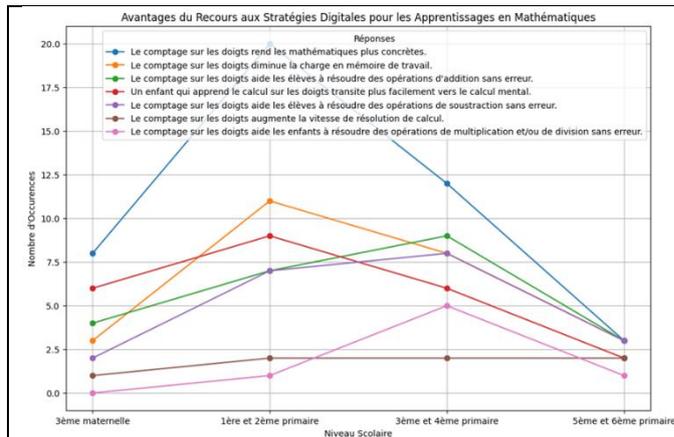


Figure 10 : Avantages du recours aux stratégies digitales pour les apprentissages en mathématiques par niveau scolaire (3M ; 1P & 2P ; 3P & 4P ; 5P & 6P) d'après les enseignants de l'ordinaire.

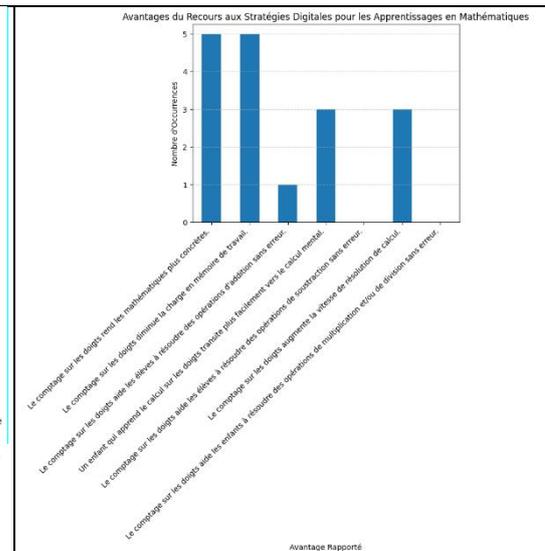


Figure 11 : Avantages du recours aux stratégies digitales pour les apprentissages en mathématiques d'après les enseignants du spécialisé

Ces figures révèlent que, tant dans le cadre de l'enseignement ordinaire que spécialisé, un des principaux avantages perçus des stratégies digitales est leur capacité à rendre les mathématiques plus concrètes. Cet avantage semble persister au fil des années scolaires. La réduction de la charge mentale est également fréquemment soulignée. Par ailleurs, certains avantages semblent être fonction des compétences à acquérir par les élèves et sont donc plus spécifiquement liés à des niveaux scolaires particuliers. Ainsi, l'efficacité des stratégies digitales paraît étroitement liée aux exigences pédagogiques pour chaque niveau d'apprentissage.

5.1.1.3 Perception négative de l'usage des doigts et pratiques d'enseignement

La seconde paire d'items examinée a pour objectif de déterminer si les pratiques liées à l'utilisation des doigts dans l'apprentissage des mathématiques sont influencées par la perception d'inconvénients associés au comptage sur les doigts par les enseignants. Pour cela, les items étudiés étaient les suivants : « Je pense que le comptage sur les doigts présente des inconvénients pour l'apprentissage des mathématiques... (oui/non) » et « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages... (oui/non) ». Le premier item concerne les croyances quant aux inconvénients de l'utilisation des doigts pour les apprentissages mathématiques et le second concerne les pratiques d'utilisation des doigts au sein de la classe. Les résultats à ces deux items ont été organisés dans un tableau de contingence (voir tableau 13 ci-dessous) et un test du chi-carré a été effectué pour

examiner s'il existe une relation entre ces variables. Les hypothèses testées sont donc les suivantes :

- H_0 : La perception négative de l'utilisation des doigts et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont indépendants.
- H_1 : La perception négative de l'utilisation des doigts et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont dépendants.

	Ens. ordinaire		Ens. spécialisé	
	Inconvénients = Oui	Inconvénients = Non	Inconvénients = Oui	Inconvénients = Non
Doigts = Oui	9 (15,79%)	35 (61,40%)	2 (25%)	4 (50%)
Doigts = Non	7 (12,28%)	6 (10,53%)	1 (12,5%)	1 (12,5%)

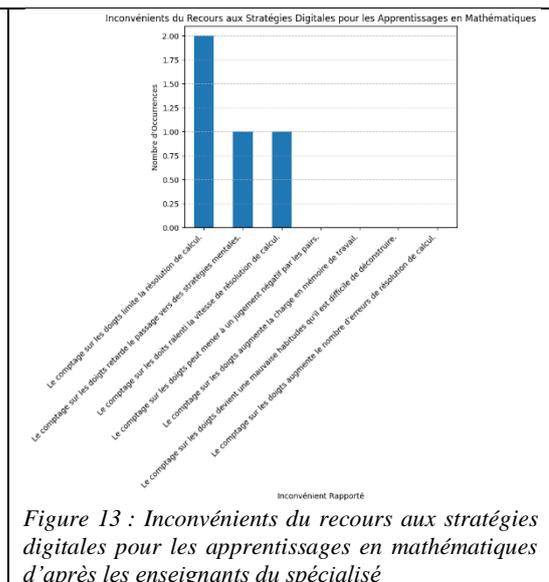
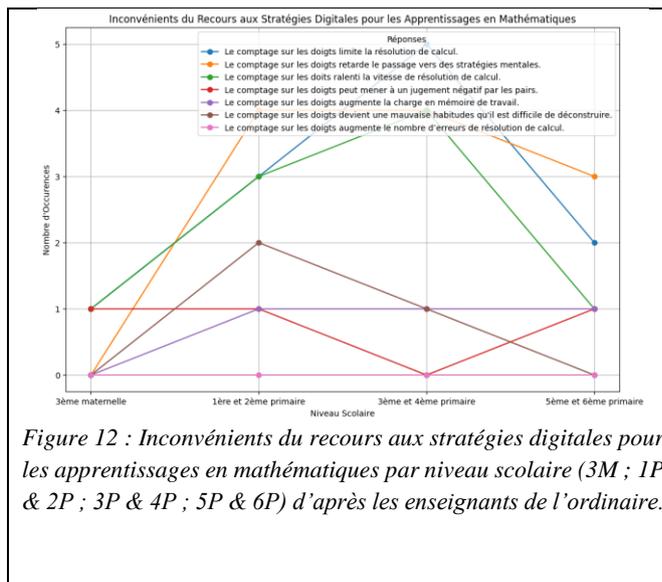
Tableau 13 : Table de contingence et pourcentages associées pour les données concernant la perception négative des stratégies digitales par les enseignants x l'utilisation de ces stratégies dans leur enseignement

Dans le cadre de l'enseignement ordinaire, plus de 60 % des enseignants qui recourent aux doigts comme support aux apprentissages estiment que cette méthode ne présente pas d'inconvénients pour l'apprentissage des mathématiques. Toutefois environ 16 % affirment utiliser les doigts comme support aux apprentissages, malgré qu'ils considèrent cette pratique comme ayant des d'inconvénients. Par ailleurs, six participants qui n'utilisent pas les doigts dans les apprentissages, alors qu'ils ne les perçoivent pas comme étant problématiques, tandis que six autres, également non utilisateurs des doigts dans leur pratique, associent cette méthode à des inconvénients.

Par test de chi-carré, le résultat suivant a été obtenu : $X^2(1, N=57)=4.01, p=.045, s$. Ce résultat est significatif et suggère que la perception des inconvénients associés à l'utilisation des doigts a un effet significatif sur la décision d'utiliser ou non cette méthode dans l'enseignement, au moins au sein de l'échantillon étudié.

Dans le contexte de l'enseignement spécialisé, l'échantillon recueilli révèle, à l'instar de l'enseignement ordinaire, qu'une majorité des participants utilise effectivement les doigts dans les apprentissages, malgré une perception d'inconvénients associés à cette pratique. Cependant, on observe un taux relativement plus élevé d'enseignants qui ne considèrent pas l'utilisation des doigts comme problématique.

Chaque participant ayant répondu que l'utilisation des doigts présente des inconvénients pour les apprentissages en mathématiques a également dû répondre à une sous-question afin de fournir des précisions sur sa réponse. Les deux figures 12 et 13 ci-dessous représentent les différents inconvénients identifiés, respectivement en fonction du niveau scolaire pour l'enseignement ordinaire et de manière globale pour l'enseignement spécialisé.



5.1.2 Sous-hypothèse 2

Deuxièmement, il est postulé que « Si les enseignants considèrent que l'utilisation des doigts est plus favorable dans le cadre du développement atypique, alors l'acceptation de l'utilisation des doigts pour les enfants au développement atypique par les enseignants sera plus élevée. ». La question de recherche correspondante pourrait être formulée comme suit : « **Quel est l'effet du type d'enseignement (VI) sur les pratiques des enseignants (VD) ?** ». En pratique, le type d'enseignement a été évalué par la question : « Actuellement, je travaille principalement dans l'enseignement... Spécialisé / Ordinaire », tandis que les pratiques ont été mesurée par la question : « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages. ». Le premier item concerne dès lors le lieu d'exercice de l'enseignant (caractéristique démographique), tandis que le second concerne les pratiques d'utilisation des doigts au sein de la classe. Les résultats à ces deux items ont été organisés dans un tableau de contingence (voir tableau 14 ci-dessous) et un test du chi-carré a été effectué pour examiner s'il existe une relation entre ces variables. Les hypothèses testées sont donc les suivantes :

- H_0 : Le type d'établissement scolaire et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont indépendants.
- H_1 : Le type d'établissement scolaire et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont dépendants.

	Ordinaire	Spécialisé
Doigts = Oui	44 (77,19%)	6 (75%)
Doigts = Non	13 (22,81%)	2 (25%)

Tableau 14 : Table de contingence et pourcentages associés pour les données concernant le lieu d'exercice x l'utilisation de ces stratégies dans leur enseignement

Ce tableau met en évidence que la répartition des réponses concernant l'utilisation ou la non-utilisation des doigts est presque identique, indépendamment des différents types d'enseignement.

Par test de chi-carré, le résultat suivant a été obtenu : $X^2(1, N=57)=0.0, p=1.0, ns$. Ces résultats ne fournissent pas suffisamment de preuves pour rejeter l'hypothèse nulle d'indépendance entre les variables étudiées. Cela signifie qu'il n'y a pas de preuve suffisante pour affirmer qu'il existe une relation significative entre le type d'établissement scolaire et l'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques. Il convient toutefois d'interpréter ces résultats avec prudence, en raison du non-respect du seuil de cinq observations par cellule pour une des cellules du tableau de contingence.

5.1.3 Influence des caractéristiques démographiques sur les croyances et par extension sur les pratiques

Pour finir, d'autres caractéristiques démographiques que le type d'enseignement pourraient venir influencer les croyances des enseignants. En effet, la littérature suppose un effet du statut socio-économique des élèves et du nombre d'années d'expérience de l'enseignant sur les pratiques d'utilisation des doigts dans les apprentissages.

5.1.3.1 *Statut socio-économique*

« Si l'on suppose que le statut socio-économique des élèves affecte négativement l'utilisation des doigts dans les pratiques d'enseignement des mathématiques, on pourrait s'attendre à ce que cette pratique soit moins fréquente dans les établissements ayant un indice socio-économique faible. ». La question de recherche correspondante pourrait être formulée comme suit : « **Quel est l'effet du statut socio-économique (VI) sur les pratiques des enseignants (VD) ?** ». En pratique, le statut socio-économique des écoles a été évalué en utilisant les noms des établissements pour obtenir des scores sur une échelle de 1 à 20 (1 représentant le niveau socio-économique le plus bas et 20 le plus élevé). Ces scores ont été déterminés à partir de la liste fournie dans l'arrêté du gouvernement de la Communauté française. Ces scores ont été regroupés en quatre catégories : 1 à 5, 6 à 10, 11 à 15, et 16 à 20.

Cependant, il est à noter que certains noms d'écoles n'ont pas pu être associés à un score et que les établissements d'enseignement spécialisé ne sont pas inclus dans cette liste. Les pratiques d'utilisation des doigts ont quant à elle été mesurées à l'aide de la question : « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages. ». Les résultats de ces deux variables ont été organisés dans un tableau de

contingence (voir tableau 15 ci-dessous) et un test du chi-carré a été effectué pour examiner s'il existe une relation entre ces variables. Les hypothèses testées sont donc les suivantes :

- H_0 : Le statut socio-économique et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont indépendants.
- H_1 : Le statut socio-économique et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont dépendants.

	1 à 5 sur 20	6 à 10 sur 20	11 à 15 sur 20	16 à 20 sur 20
Doigts = Oui	11 (22,45%)	6 (12,24%)	12 (24,49%)	9 (18,37%)
Doigts = Non	5 (10,20%)	2 (4,08%)	0 (0%)	4 (8,16%)

Tableau 15 : Table de contingence et pourcentage associés pour les données concernant le statut socio-économique des écoles x de l'utilisation de ces stratégies dans leur enseignement

Ce tableau met en évidence que la répartition des réponses concernant l'utilisation ou la non-utilisation des doigts est relativement homogène au travers des différents segments de statut socio-économique.

Le test du chi-carré a produit les résultats suivants : $X^2(3, N=49)=4.96, p=.175, ns$. Ces résultats ne fournissent pas de preuves suffisantes pour rejeter l'hypothèse nulle d'indépendance entre les variables examinées. Ainsi, pour l'échantillon étudié, il semble que l'utilisation des doigts dans l'enseignement ne soit pas significativement influencée par le statut socio-économique des élèves. Cependant, il convient d'interpréter ces résultats avec prudence, car trois cellules du tableau de contingence ne respectent pas le seuil requis de cinq observations par cellule.

5.1.3.2 Nombre d'années d'expérience

« Si le nombre d'années d'expérience influe positivement sur l'utilisation des doigts dans les pratiques d'enseignement des mathématiques, alors l'utilisation des doigts devrait être plus fréquente chez les enseignants avec plus d'expérience. ». La question de recherche correspondante pourrait être formulée comme suit : « **Quel est l'effet du nombre d'années d'expérience (VI) sur les pratiques des enseignants (VD) ?** ». En pratique, le nombre d'années d'expérience a été demandé par via la question « J'enseigne depuis ... (Moins de 5ans / 5 à 15 ans / 16 à 25 ans / Plus de 25 ans) », tandis que les pratiques ont été mesurées par la question : « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages. ». Le premier item évalue l'expérience de l'enseignant, tandis que le second concerne les pratiques d'utilisation des doigts au sein de la classe. Les résultats de ces deux items ont été organisés dans un tableau de contingence (voir tableau 16 ci-dessous) et

un test du chi-carré a été effectué pour examiner s’il existe une relation entre ces variables. Les hypothèses testées sont donc les suivantes :

- H_0 : Le nombre d’années d’expérience et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont indépendants.
- H_1 : Le nombre d’années d’expérience et l'utilisation des doigts par l'enseignant dans son enseignement des mathématiques sont dépendants.

	Moins de 5 ans	5 à 15 ans	16 à 25 ans	Plus de 25 ans
Doigts = Oui	11 (16,92%)	14 (21, 54%)	10 (15,38%)	16 (23,08%)
Doigts = Non	1 (1,54%)	2 (3,08%)	3 (4,62%)	9 (13,85%)

Tableau 16 : Table de contingence et pourcentage associés pour les données concernant le nombre d’années d’expérience x l’utilisation de ces stratégies dans leur enseignement

Ce tableau met en évidence que la répartition des réponses concernant l'utilisation ou la non-utilisation des doigts semble plutôt bien répartie au sein des différentes catégories.

Le test du chi-carré a produit les résultats suivants : $X^2(3, N=65)=5.75, p=.124, ns$. Ces résultats ne fournissent pas de preuves suffisantes pour rejeter l'hypothèse nulle d'indépendance entre les variables examinées. Ainsi, pour l'échantillon étudié, il semble que l'utilisation des doigts dans l'enseignement ne soit pas significativement influencée par le nombre d'années d'expérience des enseignants. Cependant, il convient d'interpréter ces résultats avec prudence, car trois cellules du tableau de contingence ne respectent pas le seuil requis de cinq observations par cellule.

5.2 HYPOTHESE 2

« Si les enseignants considèrent que les doigts sont utiles ou nécessaires pour entrer dans les apprentissages, alors l'acceptation, voire l'encouragement, de leur utilisation en classe sera élevée ». Cette seconde hypothèse examine l’impact du niveau scolaire sur les pratiques pédagogiques choisies par l’enseignant et conduit à la sous-question de recherche suivante : « **Quel est l’effet du niveau scolaire (VI) sur les pratiques des enseignants concernant l’utilisation des doigts (VD) ?** ».

Autrement dit, l'objectif est de déterminer si les pratiques des enseignants en matière d'utilisation des doigts pour l'apprentissage des mathématiques varient en fonction du niveau scolaire dans lequel ils enseignent. Pour répondre à cette question, les résultats de deux items ont été organisés dans un tableau de contingence (voir tableau 17 ci-dessous) et un test du chi-carré a été effectué pour examiner s’il existe une relation entre ces variables. Les items en question étaient les suivants : « Actuellement, j’enseigne principalement en... (année scolaire)

» et « Lorsque j’enseigne les mathématiques à mes élèves, j’utilise les doigts comme support aux apprentissages... (oui/non) ». Le premier item permet de déterminer le niveau scolaire auquel les enseignants sont affectés, tandis que le second item évalue l'utilisation des doigts dans les pratiques pédagogiques liées aux apprentissages en mathématiques. Les hypothèses testées sont les suivantes :

- H_0 : Le niveau scolaire et l’utilisation des doigts par l’enseignant dans l’enseignement des mathématiques sont indépendants.
- H_1 : Le niveau scolaire et l’utilisation des doigts par l’enseignant dans l’enseignement des mathématiques sont dépendants.

	3 ^{ème} maternelle	1 ^{ère} et 2 ^{ème} primaire	3 ^{ème} et 4 ^{ème} primaire	5 ^{ème} et 6 ^{ème} primaire
Doigts = Oui	8 (14,03%)	21 (36,84%)	14 (24,56%)	1 (1,75%)
Doigts = Non	0 (0%)	3 (5,26%)	5 (8,77%)	5 (8,77%)

Tableau 17 : Table de contingence et pourcentages associés pour les données concernant le niveau scolaire dans lequel l’enseignant exerce x l’utilisation de ces stratégies dans leur enseignement

Les résultats mettent en évidence qu’en début d’apprentissage (3^{ème} maternelle à 2^{ème} primaire), pratiquement tous les enseignants s’accordent sur l’utilisation des doigts en tant qu’outil pédagogique. Cette pratique est également largement acceptée en 3^{ème} et 4^{ème} primaire, bien que son acceptation tende à diminuer. En revanche, à partir de la 5^{ème} et 6^{ème} primaire, la tendance s’inverse, avec une grande majorité des enseignants rapportant qu’ils n’utilisent pas les doigts dans leurs méthodes d’enseignement.

Par test de chi-carré, le résultat suivant a été obtenu : $\chi^2(3, N=57)=14.00, p=.0029, s$. Ce résultat est statistiquement significatif, ce qui implique le rejet de l'hypothèse nulle. Il suggère que le niveau scolaire est significativement associé à l’utilisation des doigts par les enseignants dans leurs pratiques pédagogiques en mathématiques.

Pour analyser plus en détail les pratiques des enseignants concernant l'utilisation des doigts, ceux-ci ont été invités à préciser les domaines d'apprentissage dans lesquels ils utilisent cette méthode. La figure 14 ci-dessous illustre les différents contextes d'apprentissage où les stratégies digitales sont employées par les enseignants, en fonction du niveau scolaire.

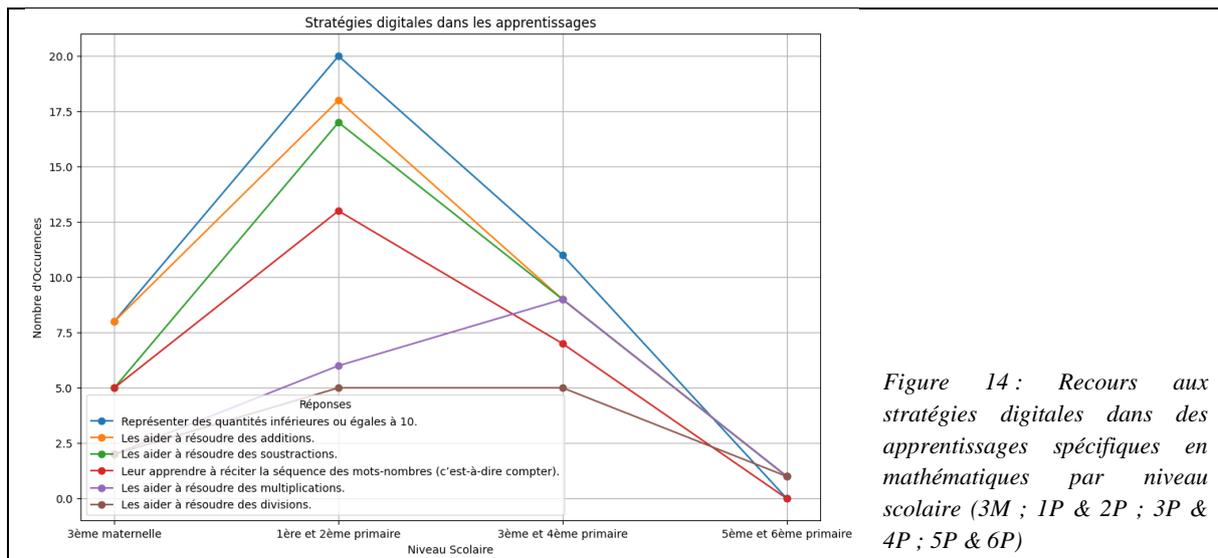


Figure 14 : Recours aux stratégies digitales dans des apprentissages spécifiques en mathématiques par niveau scolaire (3M ; 1P & 2P ; 3P & 4P ; 5P & 6P)

Cette figure montre que les enseignants recourent aux doigts comme support dans divers contextes d'apprentissage. En outre, ces contextes d'utilisation semblent varier selon le niveau scolaire. Par exemple, les doigts sont utilisés pour représenter des quantités inférieures ou égales à 10, réaliser des additions et des soustractions seulement jusqu'en 3^{ème}/4^{ème}. C'est également à ce niveau scolaire que certains enseignants utilisent les stratégies digitales comme support à la résolution de multiplication.

5.3 HYPOTHESE 3

« Le fait que l'enseignant se sente à l'aise de laisser l'élève utiliser ses propres méthodes afin de résoudre des calculs influence-t-il les pratiques concernant l'utilisation des doigts dans les apprentissages mathématiques ? ». Cette troisième hypothèse examine dans quelle mesure le sentiment de compétence influence les pratiques pédagogiques tolérées par l'enseignant et conduit à la sous-question de recherche suivante : **Quel est l'effet du sentiment de compétence des enseignants (VI) sur les pratiques liées à l'utilisation des doigts (VD) ?** Autrement dit, l'objectif est de déterminer si les pratiques des enseignants en matière d'utilisation des doigts pour l'apprentissage des mathématiques varient en fonction du sentiment de compétence (voir tableau 18 ci-dessous).

Pour répondre à cette question, une analyse des résultats des deux items a été effectuée en les mettant en parallèle à l'aide d'un tableau de contingence, suivie d'un test du chi-carré. Les deux items examinés sont : « Je me sens à l'aise de laisser l'enfant utiliser ses propres méthodes afin de résoudre des calculs » et « Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages ». Le premier item permet d'évaluer le degré de confort des enseignants quant à la liberté accordée aux élèves pour utiliser leurs propres

méthodes de résolution, tandis que le second item renseigne sur les pratiques d'enseignement relatives à l'utilisation des doigts comme support dans les apprentissages mathématiques. Les hypothèses testées sont les suivantes :

- H_0 : Le sentiment de compétence de l'enseignant et l'utilisation qu'il fait des doigts dans son enseignement des mathématiques sont indépendants.
- H_1 : Le sentiment de compétence de l'enseignant et l'utilisation qu'il fait des doigts dans son enseignement des mathématiques sont dépendants.

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Doigts = Oui	0	2	6	22	20
Doigts = Non	0	1	1	10	3

Tableau 18 : Répartition des participants en fonction de leur degré de confort à laisser les élèves utiliser leurs propres méthodes x l'utilisation de stratégies digitales dans leur enseignement

Le tableau 18 ci-dessus présente la répartition des réponses des participants. Il est observé que, tant parmi les enseignants utilisant les doigts dans leur enseignement des mathématiques que parmi ceux ne les utilisant pas, une majorité se dit « plutôt d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec l'affirmation : « Je me sens à l'aise de laisser l'enfant utiliser ses propres méthodes afin de résoudre des calculs. ».

Par test de chi-carré, le résultat suivant a été obtenu : $X^2(3, N=65)=2,76 p=.43$, ns. Ces résultats suggèrent qu'il n'existe pas de relation significative, ce qui signifie un non rejet de l'hypothèse nulle. Autrement dit, le degré de confort de l'enseignant à laisser l'élève utiliser ses propres méthodes ne semble pas avoir d'effet sur ses pratiques pédagogiques concernant l'utilisation des doigts. Cependant, compte tenu du nombre de cellules avec moins de 5 observations, les résultats doivent être interprétés avec prudence.

La question complémentaire posée pour approfondir l'exploration du rôle du sentiment de compétence sur les pratiques d'enseignement est la suivante : « *Dans quelle mesure l'auto-évaluation de l'enseignant à guider les élèves pour qu'ils se passent de l'utilisation des doigts influence-t-elle les pratiques d'enseignement concernant l'utilisation des doigts dans les apprentissages mathématiques ?* »

Pour répondre à cette question, les résultats de deux items ont été croisés à l'aide d'un tableau de contingence, permettant ainsi la réalisation d'un test du chi-carré. Les deux items analysés étaient les suivants : « Lorsque mes élèves utilisent leurs doigts pour calculer, je sais comment les amener à se passer de leurs doigts » et « Lorsque j'enseigne les mathématiques à

mes élèves, j'utilise les doigts comme support aux apprentissages ». Le premier item évalue le niveau de confiance des enseignants quant à leur capacité à amener les élèves à cesser d'utiliser leurs doigts, tandis que le second item renseigne sur les pratiques des enseignants concernant leur utilisation dans les apprentissages mathématiques. Les hypothèses testées sont les suivantes :

- H_0 : Le sentiment de compétence des enseignants concernant leur capacité à amener les élèves à cesser d'utiliser leurs doigts et l'utilisation qu'ils font des doigts dans son enseignement des mathématiques sont indépendants.
- H_1 : Le sentiment de compétence des enseignants concernant leur capacité à amener les élèves à cesser d'utiliser leurs doigts et l'utilisation qu'ils font des doigts dans son enseignement des mathématiques sont dépendants.

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Pas d'application
Doigts = Oui	3	12	10	22	1	2
Doigts = Non	0	1	9	4	1	0

Tableau 19 : Répartition des participants en fonction de l'utilisation ou non des doigts dans les apprentissages mathématiques et de la confiance qu'on les enseignants en leur capacité à amener les élèves à se passer de leurs doigts pour calculer »

Le tableau 19 ci-dessus présente la répartition des réponses des participants, il est observé que les enseignants qui se déclarent plutôt confiants dans leur capacité à faire cesser l'utilisation des doigts par les élèves (réponse « plutôt d'accord ») sont également les plus nombreux à intégrer cette pratique dans leur propre enseignement. Il convient également de noter que 12 enseignants, bien qu'exprimant des doutes quant à leur capacité à amener les élèves à se passer de leurs doigts (réponse « plutôt pas d'accord »), rapportent tout de même utiliser cette méthode dans leur pratique pédagogique.

Par test de chi-carré, le résultat suivant a été obtenu : $X^2(5, N=65)=5,85 p=.70, ns$. Ce résultat indique qu'il n'existe pas de relation significative entre les variables examinées dans l'échantillon et implique un non rejet de l'hypothèse nulle. Autrement dit, le sentiment de compétence des enseignants en leur capacité à amener les élèves à cesser d'utiliser leurs doigts et l'utilisation de ces derniers dans leur enseignement semblent être indépendants. Cependant, compte tenu du nombre important de cellules avec moins de 5 observations, des études sur un échantillon plus large seraient nécessaires afin de confirmer ou d'infirmer ces observations.

Pour terminer sur le sentiment de compétence, une question a été soulevée concernant la possible différence entre le sentiment de compétence des enseignants à guider les élèves pour qu'ils cessent d'utiliser leurs doigts et leur aptitude à les amener à se passer du matériel concret.

Pour répondre à cette interrogation, les données relatives concernant ces deux variables ont été croisées. La répartition des réponses des participants est détaillée dans le tableau 20.

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Pas d'application
Pas du tout d'accord	2	1				
Plutôt pas d'accord		5	2	3		
Neutre			6	7	5	
Plutôt d'accord			1	21	1	
Tout à fait d'accord		1			1	
Pas d'application						1

Tableau 20 : Répartition des participants en fonction de leur confiance en leur capacité à amener les élèves à se passer de leurs doigts pour calculer VS à se passer de matériel pour calculer.

L'observation de la répartition des participants, comme illustré dans le tableau 20, montre que la majorité des réponses se concentrent sur la diagonale principale, reflétant une tendance des enseignants à évaluer de manière similaire leur capacité à amener les élèves à se passer du matériel et des doigts. Cette répartition suggère une correspondance proportionnelle entre ces deux perceptions de compétence. Toutefois, une analyse plus fine révèle que les écarts par rapport à cette diagonale sont principalement situés au-dessus (19 contre 2), indiquant que les enseignants se sentent globalement plus confiants dans leur capacité à faire en sorte que les élèves se passent du matériel plutôt que des doigts.

5.4 FIABILITÉ DES RÉPONSES DES PARTICIPANTS ET DU QUESTIONNAIRE

5.4.1 Perception positive et négative de l'usage des doigts : fiabilité des réponses des participants

Au total, l'analyse des items : « Je pense que le comptage sur les doigts présente des avantages pour l'apprentissage des mathématiques... (oui/non) » et « Je pense que le comptage sur les doigts présente des inconvénients pour l'apprentissage des mathématiques... (oui/non) » fournit la répartition suivante :

- 5 participants estiment que le comptage sur les doigts ne présente que des inconvénients,
- 43 participants considèrent qu'il ne présente que des avantages,
- 4 participants jugent qu'il n'a ni avantages ni inconvénients,
- 13 participants lui reconnaissent à la fois des avantages et des inconvénients.

L'analyse des réponses des participants ayant exprimé une opinion nuancée a montré que, sauf pour un participant (le sujet 7), les réponses sont cohérentes entre les deux questions. Un tableau détaillé des réponses des sujets est disponible en annexe 3.

Les deux échelles de Likert ciblant les croyances des enseignants, à savoir : « Il est important que l'enfant utilise des stratégies mentales afin de résoudre des calculs » et « Lorsque mes élèves utilisent leurs doigts pour résoudre des calculs, je trouve que leur vitesse de résolution est plus lente », ont également servi d'items de validité. Comme pour la question précédente on constate une cohérence dans les réponses des participants.

Par exemple, en ce qui concerne l'item « Lorsque mes élèves utilisent leurs doigts pour résoudre des calculs, je trouve que leur vitesse de résolution est plus lente », la majorité des enseignants ayant sélectionné l'item « Le comptage sur les doigts ralentit la vitesse de résolution des calculs » dans la question concernant les inconvénients tendent à être plutôt d'accord avec cette affirmation. A l'inverse, parmi les enseignants n'ayant pas sélectionné cet inconvénient ou ayant estimé que le comptage sur les doigts ne présente aucun inconvénient, les résultats semblent plus centraux avec une majorité de plutôt pas d'accord, neutre et plutôt d'accord. Pour la répartition détaillée de résultat, le lecteur peut se référer au tableau 21 ci-dessous.

Limite la vitesse de résolution	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Pas d'application
Oui	0	1	4	9	1	0
Non	3	9	16	15	6	1

Tableau 21 : Répartition des participants concernant la limitation de la vitesse de résolution lorsque les doigts sont utilisés pour les calculs, en fonction de la sélection ou non de l'inconvénient « Le comptage sur les doigts ralentit la vitesse de résolution des calculs ».

De manière similaire, il a été constaté que la majorité des enseignants ayant sélectionné l'inconvénient « Le comptage sur les doigts retarde le passage vers des stratégies mentales » sont plutôt d'accord ou tout à fait d'accord avec l'affirmation « Il est important que l'enfant utilise des stratégies mentales pour résoudre des calculs ». Toutefois, parmi les enseignants qui n'ont pas identifié cet inconvénient ou qui estiment que le comptage sur les doigts ne présente aucun inconvénient, une majorité considère également que les stratégies mentales sont importantes pour la résolution des calculs. Ainsi l'importance est accordée aux stratégies mentales se marque pour l'ensemble des enseignants. Les résultats sont présentés en détail dans le tableau 22 ci-dessous.

Doigts retardent stratégies mentales	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Neutre	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Pas d'application
Oui	0	1	3	25	20	1
Non	0	0	0	5	9	1

Tableau 22 : Répartition des participants concernant l'importance des stratégies mentales pour résoudre des calculs, en fonction de la sélection ou non de l'inconvénient « Le comptage sur les doigts retarde le passage vers des stratégies mentales ».

5.4.2 Avantages et inconvénients perçus du comptage sur les doigts : biais d'ordre et fiabilité du questionnaire

Pour rappel, afin de pouvoir évaluer la présence d'un potentiel biais d'ordre, deux versions du questionnaire avaient été établies. Dans le questionnaire A, la question demandant si les enseignants percevaient des avantages au comptage sur les doigts était posée avant celles traitant des inconvénients. Dans le questionnaire B c'était l'inverse. Pour tester la potentielle présence d'une de ces deux variables l'une sur l'autre, deux chi-carrées ont été exécutées, l'une sur le questionnaire A et l'une sur le questionnaire B. Les tableaux de contingence illustrant les résultats sont représentés ci-dessous (tableau 23).

	Questionnaire A		Questionnaire B	
	Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
Oui	29 (45,31%)	7 (10,94%)	27 (41%)	12 (18,18%)
Non	3 (4,69%)	25 (39,06%)	6 (9,1%)	21 (31,82%)

Tableau 23 : Table de contingence et pourcentages associées pour les données concernant les avantages et les inconvénients perçus par les enseignants en fonction de l'ordre des questions.

Pour ce faire, les deux items analysés étaient les suivants : « Je pense que le comptage sur les doigts présente des avantages pour l'apprentissage des mathématiques » et « Je pense que le comptage sur les doigts présente des inconvénients pour l'apprentissage des mathématiques ». Ces items cherchent à évaluer respectivement les avantages perçus par les enseignants à l'utilisation des doigts pour les apprentissages en mathématiques et les inconvénients. Les hypothèses testées sont les suivantes :

- H_0 : L'ordre de présentation des questions sur les avantages et les inconvénients du comptage sur les doigts n'a pas d'effet significatif sur les réponses des enseignants :
 - (1) au sein du questionnaire A
 - (2) au sein du questionnaire B
- H_1 : L'ordre de présentation des questions sur les avantages et les inconvénients du comptage sur les doigts n'a pas d'effet significatif sur les réponses des enseignants :
 - (1) au sein du questionnaire A
 - (2) au sein du questionnaire B

Par test de chi-carrés, les résultats suivants ont été obtenus :

(1) $X^2(1, N=64)=28,0$ $p=1.213^{-7}$, s.

(2) $X^2(1, N=64)=12,28$ $p=0.00046$, s.

Ces résultats sont tous deux hautement significatif et impliquent un rejet de l'hypothèse nulle d'indépendance entre les variables. Ceci confirme qu'aussi bien dans le questionnaire A que le questionnaire B, l'ordre des questions à un impact significatif sur les réponses des enseignants concernant les avantages et inconvénients du comptage sur les doigts pour l'apprentissage des mathématiques.

En résumé, ces observations soulignent la nécessité d'approfondir l'analyse pour mieux comprendre les facteurs qui sous-tendent ces pratiques pédagogiques et les implications pour l'enseignement. La section suivante discutera de ces résultats en les replaçant dans le cadre des théories existantes et en explorant leurs implications pour la formation des enseignants et les politiques éducatives, tout en prenant en compte les limites de l'étude et les perspectives de recherches futures.

6 DISCUSSION

Pour rappel, le présent mémoire vise à explorer l'impact des caractéristiques démographiques, des croyances et du sentiment de compétence des enseignants sur leurs pratiques d'utilisation des doigts en mathématiques dans l'enseignement fondamental général et spécialisé en Belgique francophone. 65 enseignants ont finalement été interrogés dont 57 travaillent dans l'enseignement ordinaire et 8 travaillent dans l'enseignement spécialisé. Les résultats obtenus suggèrent une complexité inhérente aux interactions entre ces variables, reflétant la diversité des contextes pédagogiques et des convictions personnelles des enseignants.

6.1 INFLUENCE DES CROYANCES SUR LES PRATIQUES PÉDAGOGIQUES

Les résultats relatifs à la première hypothèse indiquent une relation significative notable entre les croyances des enseignants concernant l'utilisation des doigts et leurs pratiques en classe. En particulier, les données montrent que pour les enseignants qui perçoivent des avantages à cet usage des doigts sont plus susceptibles de l'intégrer dans leur enseignement, soutenant ainsi la sous-hypothèse selon laquelle une perception positive influence l'adoption de cette méthode ($X^2(1, N=57)=14.10, p=.00017, s.$). Cette constatation est conforme aux théories de la cognition incarnée, qui soutiennent que les expériences sensorielles et motrices jouent un rôle crucial dans l'apprentissage des concepts abstraits, comme les mathématiques (Andres et al., 2007). En outre, les avantages rapportés par les participants sont semblables à ceux avancés par Mutlu et al. (2020) qui indiquaient que la majorité des enseignants estime que « Le comptage sur les doigts rend les mathématiques plus concrètes ». Cette croyance viendrait notamment du fait que les doigts ont l'avantage d'être naturellement disponibles et facilement manipulable (Bender & Beller, 2012). La seconde croyance favorable la plus courante au sein du corps enseignant stipule que les doigts diminuent la charge en mémoire de travail. Celle-ci est corroborée par les travaux de Ross et al. (2020) qui soulignent que la présence d'un support perceptif permettrait de réduire la charge en mémoire de travail et ainsi, d'améliorer les performances arithmétiques. Enfin, comme l'ont également observé Mutlu et al. (2020), les enseignants du spécialisé tendent à percevoir principalement des avantages à l'utilisation des doigts pour les apprentissages en mathématiques.

En outre, les enseignants percevant des inconvénients à l'utilisation des doigts tendent à les éviter dans leur pratique pédagogique. En effet, la perception des inconvénients, comme le ralentissement de la transition vers des calculs plus abstraits ou le ralentissement de la vitesse

de résolution de calculs, peut dissuader certains enseignants d'encourager cette pratique. A nouveau, ces croyances semblent courantes auprès des enseignants car les mêmes inconvénients sont également exprimés dans l'étude de Mutlu et al. (2020), bien qu'ils ne soient pas toujours corroborés par les recherches en psychologie cognitive et en neurosciences (Moeller & al., 2011). Ces enseignants sont, dès lors, moins enclins à encourager cette pratique en classe et particulièrement dans les niveaux scolaires plus avancés, où les attentes en matière de compétences mentales en mathématiques sont plus élevées. En outre, ce résultat souligne l'importance du rôle des attitudes et des croyances personnelles dans la mise en œuvre des stratégies d'enseignement. Ce constat s'aligne sur les observations de Moyer et Jones (2004) qui indiquaient que les perceptions des enseignants pouvaient affecter significativement l'utilisation des ressources pédagogiques.

En revanche, contrairement aux résultats obtenus par Mutlu et al. (2020), ainsi que Poletti et al. (2023) qui indiquent respectivement que selon les réponses de leurs participants la limite d'âge d'utilisation des doigts devrait être fixée entre 4 et 8ans ou vers l'âge de 8ans / 8ans et demi. Le chi-carré réalisé dans ce mémoire afin de tester cette hypothèse ($X^2(1, N=57)=0.60, p=.439, ns$) indique que les pratiques pédagogiques des enseignants sont indépendantes de leurs croyances concernant l'âge limite d'utilisation des doigts en mathématiques. Parmi les participants à notre enquête, seuls 4 participants ont choisi de justifier leur réponse favorable envers une limite d'âge sur base d'un niveau scolaire. La majeure partie des participants la justifie plutôt en disant que : « il faut arrêter d'utiliser les doigts une fois que les principes arithmétiques sont compris ». Par ailleurs, les justifications avancées par les participants à ce mémoire concernant la présence d'une limite d'âge porte sur le fait qu'« il faut arrêter d'utiliser les doigts une fois que les principes arithmétiques sont compris », mais que cette limite ne devrait pas être appliquée dans l'enseignement spécialisé (« sauf dans l'enseignement spécialisé »). Les justifications fournies par les enseignants de l'ordinaire sont donc quant à elles similaires à celles observées par Mutlu et al. (2020) dont les participants rapportaient que « chaque apprenant est différent » et « qu'il ne devrait pas y avoir de limite pour les enfants en enseignement spécialisé ». Il en va de même pour les justifications faites par les enseignants qui pensent que les enfants peuvent utiliser leurs doigts à tout âge. Dans le cadre de Mutlu et al. (2020) les justifications étaient les suivantes « chaque apprenant est différent » et « qu'il ne devrait pas y avoir de limite pour les enfants en enseignement spécialisé ». Ces justifications sont identiques à celles qui ont le plus souvent été sélectionnées par les enseignants de notre enquête respectivement 51 et 8 fois.

En résumé, cette dimension reflète la complexité des décisions pédagogiques et des facteurs entrant en compte dans ce processus où les enseignants doivent équilibrer les bénéfices immédiats contre les objectifs à long terme de l'autonomie numérique.

6.2 RÔLE DU CONTEXTE DÉMOGRAPHIQUE ET DU TYPE D'ENSEIGNEMENT SUR LES PRATIQUES PÉDAGOGIQUES

L'analyse du type d'enseignement n'a révélé aucune différence significative dans l'utilisation des doigts entre l'enseignement ordinaire et spécialisé ($\chi^2(1, N=57)=0.0, p=1.0, ns$). Cela va à l'encontre des avis récoltés par Mutlu et al. (2020) qui indiquent que les enseignants du spécialisé voient majoritairement des avantages au comptage sur les doigts et qu'il ne devrait pas y avoir de limite pour l'utilisation des doigts. De plus, Poletti et al. (2023) ont mis en évidence que les enseignants estimaient l'utilisation des doigts comme étant le signe de difficultés en mathématiques et que cette méthode aurait donc davantage sa place dans l'enseignement spécialisé. Toutefois, cette croyance ne semble pas être partagée par les enseignants de cet échantillon. Ce résultat pourrait suggérer que les pratiques d'enseignement autour de l'utilisation des doigts dépassent les différences entre les contextes éducatifs ordinaires et spécialisés, possiblement en raison de la nature universelle des besoins en matière de développement numérique précoce. Une autre explication possible pourrait résider dans des différences de perception culturelle concernant l'utilisation des doigts dans les apprentissages. Étant donné que ce mémoire a interrogé des enseignants belges et non français, il est plausible que les variations observées soient influencées par des attitudes ou des pratiques pédagogiques distinctes entre ces deux contextes culturels.

Cependant, il faut rester vigilant quant à l'interprétation des résultats. En effet, l'échantillon des enseignants du spécialisé est réduit et n'est donc pas nécessairement représentatif de la population. De plus, ceux-ci enseignaient seulement dans 3 types différents d'enseignement : (2) déficience intellectuelle modérée ou sévère ; (3) troubles du comportement et/ou de la personnalité ; (8) troubles des apprentissages. Dès lors, il serait intéressant d'investiguer davantage cette question en recrutant un échantillon plus important d'enseignants du spécialisé. Cela permettrait d'examiner de manière plus approfondie l'impact du type d'enseignement sur les pratiques d'utilisation des doigts mais également d'examiner cet impact en fonction du type d'enseignement spécialisé. Comme l'a mentionné un participant de l'enseignement spécialisé (type 2) lors de la récolte des données : « Le comptage sur les doigts n'est pas applicable à tous les enfants ». Les pratiques d'enseignement liées à l'utilisation

des doigts sont donc certainement différentes d'un type d'enseignement à l'autre en fonction des besoins des enfants. L'exemple le plus évident concerne bien entendu les enfants avec une déficience physique (type 4).

Concernant l'influence du statut socio-économique et du nombre d'années d'expérience des enseignants, les résultats ne montrent pas de corrélation significative avec les pratiques d'utilisation des doigts respectivement $X^2(3, N=49)=4.96, p=.175, ns$ et $X^2(3, N=65)=5.75, p=.124, ns$. Ces résultats sont en contradiction avec ceux mis en avant dans les études portant sur le niveau socio-économique (Jordan & Levine, 2009 ; Jordan & al., 2003) et ceux sur le nombre d'années d'expériences (Akinboboye & al., 2023). En effet, celles-ci supposaient un effet potentiel de ces facteurs sur les croyances et pratiques des enseignants.

En ce qui concerne le statut socio-économique, il ne faut pas oublier que le score attribué à chaque participant est un score global attribué à un établissement. Les scores obtenus ne sont, dès lors, probablement pas toujours représentatifs de chaque classe de cet établissement. De plus, les données de la littérature obtenues étant assez anciennes (2003 ; 2009), il se peut qu'à nos jours, des données plus récentes apportent davantage d'informations concernant l'impact du niveau socio-économique sur les pratiques des enseignants.

Le nombre d'années d'expérience, quant à lui, a impacté significativement les résultats obtenus par Akinboboye et al. (2023) portant sur les croyances des enseignants. En effet, ils ont découvert que les enseignants ayant 16 à 20 ans d'expérience considéraient le comptage sur les doigts comme plus important pour le développement des compétences en mathématiques que les enseignants ayant entre 11 et 15 ans d'expérience. Dès lors, une raison pour laquelle les résultats de cette étude ne sont pas significatifs pourrait être que les propositions proposées dans le questionnaire de ce mémoire pour répondre à l'item ne sont pas suffisamment précises. En effet, Akinboboye et al. (2023) n'étaient pas parvenus à mettre en évidence de différences significatives entre tous les groupes : aucune différence n'avait pu être mise en évidence entre les catégories d'expérience de 1 à 5 ans et de 6 à 10 ans. Or, les groupes d'expérience créés pour cette étude sont assez larges et recouvre donc aussi bien un groupe ayant des croyances significativement différentes qu'un groupe ayant des croyances qui ne sont pas significativement différentes (5 à 15 ans).

En résumé, les résultats de ce mémoire indiquent que, contrairement à ce que pourrait suggérer la littérature, les facteurs démographiques ne semblent pas exercer d'impact direct sur

la décision d'utiliser ou non les doigts dans l'enseignement des mathématiques. Cependant, il convient de rester prudent dans cette interprétation en raison des limitations évoquées.

6.3 INFLUENCE DU NIVEAU SCOLAIRE SUR LES PRATIQUES PÉDAGOGIQUE

La deuxième hypothèse explore la relation entre le niveau scolaire des élèves et l'utilisation des doigts par les enseignants en mathématiques. Les résultats obtenus ($\chi^2(3, N=57)=14.00, p=.0029, s.$) mettent en évidence une variation significative des pratiques pédagogiques en fonction du niveau scolaire, avec une utilisation prédominante des doigts dans les classes de maternelle et de début de primaire. En effet, il semblerait que le nombre d'enseignants qui sont d'accord avec l'affirmation qui stipule « ne pas décourager l'utilisation des doigts auprès des élèves » diminue avec l'augmentation du niveau scolaire (Poletti & al., 2023). Dès lors, ces auteurs concluent que le comptage sur les doigts est une stratégie qui tend à diminuer avec l'augmentation du niveau scolaire, avec une utilisation minimale observée en 5ème et 6ème primaire.

L'utilisation des doigts en mathématiques semble donc être perçus par les enseignants non seulement comme un outil d'apprentissage essentiel pour les jeunes enfants mais aussi comme une méthode moins appropriée pour les élèves plus âgés.

En effet, pour les jeunes élèves, il est préconisé de débiter l'apprentissage par du concret, avant de progresser vers du représentationnel afin d'atteindre l'abstraction (Jones & Tiller, 2017). Les doigts ayant l'avantage d'être naturellement disponibles et facilement manipulables (Bender & Beller, 2012), leur utilisation peut être vue comme un moyen efficace pour introduire des concepts mathématiques fondamentaux tels que le comptage, l'addition et la soustraction.

Ensuite, à mesure que les élèves progressent, les programmes d'études tendent à favoriser les approches de résolution de problèmes plus abstraites et moins dépendantes de supports concrets, notamment car les doigts ne seront jamais parfaitement adaptés pour représenter des numérosités dépassant 10 et encore moins des nombres négatifs (Beller & Bender, 2011). Les enseignants semblent donc vouloir réduire l'utilisation des doigts dans les apprentissages afin d'encourager la manipulation mentale de quantités et d'ensembles abstraits (Thevenot, 2014).

Enfin, il existe une perception selon laquelle l'utilisation des doigts représenterait une « béquille » pédagogique chez les élèves présentant des difficultés en mathématiques. Les doigts pourraient ainsi symboliser un besoin continu de soutien externe pour compenser une

difficulté à se représenter mentalement les quantités et à les mémoriser (Berteletti & Booth, 2016 ; Poletti & al., 2022 ; Thevenot & al., 2016).

Ces résultats soulignent l'importance de considérer le développement de l'enfant et les objectifs pédagogiques spécifiques à chaque niveau scolaire lors de la planification des méthodes d'enseignement en mathématiques. Ils suggèrent également que les enseignants pourraient bénéficier de formations professionnelles supplémentaires sur l'utilisation efficace des aides visuelles et kinesthésiques à travers tous les niveaux scolaires, y compris comment intégrer progressivement des méthodes plus abstraites sans compromettre la compréhension des élèves (Poletti et al., 2023). De plus, des études supplémentaires devraient investiguer davantage les raisons de la diminution des doigts dans les niveaux d'enseignement supérieurs, notamment en analysant les attitudes des enseignants et des élèves à l'égard de cette méthode.

En résumé, ces résultats et interprétations suggèrent que les choix pédagogiques des enseignants en matière d'utilisation des doigts en mathématiques ne sont pas arbitraires mais sont fortement influencés par le niveau scolaire des élèves, ce qui souligne l'importance de recevoir une formation appropriée pour chaque niveau de développement d'un enfant en ce qui concerne les apprentissages mathématiques.

6.4 INFLUENCE DU SENTIMENT DE COMPÉTENCE SUR LES PRATIQUES PÉDAGOGIQUES

Enfin, les résultats mettent en lumière la complexité des liens entre le sentiment de compétence des enseignants et leurs pratiques pédagogiques. Celui-ci, bien que crucial, ne semble pas déterminer à lui seul les pratiques de classe des enseignants. Il devrait donc être pris en considération au même titre que d'autres facteurs tels que les croyances des enseignants. En effet, les recherches menées par Gibson et Dembo (1984) ont établi que le sentiment de compétence joue un rôle essentiel dans les choix pédagogiques et les stratégies adoptées par les enseignants.

Cependant, les résultats obtenus ($\chi^2(3, N=65)=2,76 p=.43, ns.$) sur base des réponses des participants à cette enquête suggèrent que le sentiment de compétence n'est pas significativement associé à l'utilisation des doigts dans les pratiques d'enseignement. Cela indique une complexité dans la relation entre la confiance des enseignants en leurs propres compétences pédagogiques et leurs méthodes d'enseignement spécifiques. Bien que, comme l'ont montré Nurlu (2015), la majorité des enseignants expriment un sentiment de compétence

élevé, il ne semble pas y avoir de lien direct entre ce sentiment de compétence et les pratiques pédagogiques relatives à l'utilisation des doigts observées dans cette étude.

Différents facteurs pourraient expliquer ces résultats. Premièrement, les pratiques enseignantes pourraient être davantage influencées par des normes pédagogiques telles que les programmes scolaires que par leur sentiment de compétence personnel.

Deuxièmement, les pratiques de classe concernant l'utilisation des doigts sont influencées par de multiples facteurs dont le sentiment de compétence n'est qu'un aspect. D'autres facteurs comme les croyances ou le contexte de classe pourraient également influencer ces pratiques et, dès lors, modifier les résultats quant à l'influence du sentiment de compétence.

Ces résultats suggèrent que les programmes de formation des enseignants pourraient bénéficier d'une intégration plus explicite entre la théorie et la pratique. Les enseignants pourraient notamment être encouragés à participer à des projets qui les amèneraient à expérimenter différentes pratiques pédagogiques et à réfléchir sur l'impact de ces expériences sur leur sentiment de compétence. De plus, ils pourraient avoir des sessions où ils peuvent observer, pratiquer et discuter des avantages et inconvénients de différentes méthodes pédagogiques.

6.5 LIMITATIONS ET PERSPECTIVES FUTURES

Bien que les résultats de l'étude soient éclairants, certaines limitations méritent d'être soulignées, notamment la taille et la représentativité des échantillons. Le faible nombre de participants dans certains sous-groupes, comme ceux de l'enseignement spécialisé ou lors des analyses par niveau scolaire, pourrait restreindre la généralisation des conclusions. Ainsi, il serait bénéfique pour les futures recherches de constituer des échantillons plus vastes et plus diversifiés afin d'examiner plus en détail les interactions entre différentes variables telles que les caractéristiques démographiques, les croyances et le sentiment de compétence. Par exemple, l'utilisation de matrices corrélationnelles pourrait permettre une analyse approfondie des réponses des enseignants concernant les aspects positifs et négatifs de l'utilisation des doigts dans l'apprentissage des mathématiques.

De plus, étant donné la complexité des dynamiques observées, il est nécessaire d'explorer plus en détail les mécanismes sous-jacents. Bien que ce mémoire, avec ses questions enchâssées, ait partiellement exploré les nuances des croyances et des pratiques, une approche

complémentaire comme les entretiens pourrait mettre en lumière plus de nuances sur ces phénomènes. Ces études pourraient notamment investiguer comment les enseignants intègrent les principes de la cognition incarnée dans leur enseignement quotidien, en croisant les données issues de la recherche en neuropsychologie et psychologie cognitive avec celles de la didactique des mathématiques et des neurosciences.

Il convient de noter que toutes les données collectées dans ce mémoire n'ont pas été exploitées pour l'analyse et pour répondre à la question de recherche principale. En effet, certains items du questionnaire ne fournissaient pas d'informations directement pertinentes pour répondre à notre question de recherche. Toutefois, ces données pourraient s'avérer intéressantes pour examiner des questions supplémentaires relatives à l'utilisation des doigts en mathématiques. Par exemple, les items concernant les stratégies d'utilisation des doigts majoritairement observées dans les classes pourraient être corrélés avec le niveau scolaire des participants, fournissant ainsi des informations sur les stratégies d'utilisation des doigts en fonction des niveaux scolaires.

7 CONCLUSION

L'objectif principal de ce mémoire était d'explorer l'impact des croyances, du sentiment de compétence ainsi que de certaines caractéristiques démographiques spécifiques telles que le nombre d'années d'expérience de l'enseignant ou le statut socio-économique des élèves, sur les pratiques d'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques, tant dans le cadre de l'enseignement fondamental général que spécialisé en Belgique francophone. Ce travail s'inscrivait dans le prolongement des recherches menées par Mutlu et al. (2020) ainsi que Poletti et al. (2023), visant à approfondir la compréhension des pratiques d'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques en abordant certaines limites identifiées par ces auteurs.

Une question de recherche principale a donc émergé de ce raisonnement : « Quel est l'impact des caractéristiques démographiques, des croyances et du sentiment de compétence sur les pratiques d'utilisation des doigts en mathématiques dans l'enseignement fondamental général et spécialisé en Belgique francophone ? ». En pratique, trois hypothèses ont été formulées afin d'opérationnaliser les recherches : (1) « *Si les croyances des enseignants quant à l'utilisation des doigts sont positives, alors l'acceptation, voire l'encouragement de leur utilisation en classe sera présente, en particulier dans le développement atypique* » (2) que « *Si les enseignants considèrent que l'utilisation des doigts est plus favorable dans le cadre du développement atypique, alors l'acceptation de l'utilisation des doigts pour les enfants au développement atypique par les enseignants sera plus élevée* » et « *Si le sentiment de compétence des enseignants amène des pratiques moins directives, alors les enseignants qui se sentent les plus compétents devraient être plus enclins à accepter que les élèves utilisent leurs propres méthodes, dont les doigts* ».

L'analyse des réponses au questionnaire en ligne fournie par les participants a révélé que les pratiques enseignantes relatives à l'utilisation des doigts sont influencées par : (1) les croyances des enseignants sur les avantages perçus, comme la concrétisation des concepts mathématiques ou la réduction de la charge cognitive; (2) les croyances des enseignants sur les inconvénients possibles, tels que le ralentissement de la résolution des calculs et un possible frein au développement des stratégies mentales; et (3) le niveau scolaire des élèves, avec une utilisation décroissante à mesure que ce dernier augmente. Il est important de souligner que les croyances varient en fonction du type d'enseignement, les enseignants du spécialisé étant généralement plus favorables à l'utilisation des doigts.

Toutefois, malgré les hypothèses de la littérature suggérant un impact significatif des croyances et du type d'enseignement sur les pratiques pédagogiques, ce mémoire n'a pas mis en évidence un effet significatif de ces facteurs. La majorité des enseignants de l'échantillon semblent considérer que l'utilisation des doigts est appropriée à tout âge et particulièrement pertinente dans l'enseignement spécialisé.

L'analyse des caractéristiques démographiques montre une indépendance relative par rapport aux pratiques d'utilisation des doigts, suggérant que ces caractéristiques n'influencent pas significativement les pratiques enseignantes. De plus, le sentiment de compétence n'a pas montré d'influence directe sur la décision d'utiliser ou non les doigts dans les apprentissages mathématiques. Ces constatations nécessitent une investigation plus détaillée de ces interactions au sein d'échantillons plus étendus afin de confirmer ou de réfuter les résultats observés. En effet, pour assurer la fiabilité des tests du chi-carré, il est requis que chaque cellule du tableau de contingence contienne au moins cinq observations, condition qui n'a pas toujours été remplie dans les analyses effectuées ici en raison d'un nombre insuffisant de participants.

Cette recherche enrichit donc la littérature scientifique en fournissant de nouvelles données sur l'impact des croyances, du sentiment de compétence, et des caractéristiques démographiques sur les pratiques pédagogiques en mathématiques. Elle ouvre également la voie à des recherches futures. Tout d'abord, il serait pertinent d'explorer davantage les mécanismes de formation des croyances des enseignants, ainsi que l'évolution de celles-ci au fil du temps. En outre, il serait pertinent de réexaminer la relation entre le sentiment de compétence et les pratiques pédagogiques en adoptant une approche méthodologique différente, telle que l'utilisation d'entretiens qualitatifs. Cela permettrait de saisir comment les enseignants appréhendent leur propre compétence et comment celle-ci influence leurs pratiques quotidiennes. Enfin, des recherches ultérieures pourraient explorer l'effet des formations continues sur les pratiques et croyances des enseignants. Ceci pourrait permettre d'identifier des leviers pour encourager l'adoption de pratiques pédagogiques fondées sur des preuves scientifiques.

Sur le plan pratique, les résultats soulignent l'importance de sensibiliser les enseignants aux avantages et aux limites de l'utilisation des doigts dans l'enseignement des mathématiques, en s'appuyant sur une base de données empiriques solides. Parallèlement, les cursus de formation initiale et continue, à destination des enseignants, pourraient intégrer des modules dédiés à la remise en question de potentielles croyances restrictives et à promouvoir des pratiques

et méthodes pédagogiques adaptées aux divers besoins des élèves. Il serait également judicieux de développer des ressources pédagogiques facilitant une transition graduelle de l'utilisation des doigts vers l'adoption de stratégies mentales, pour répondre aux préoccupations des enseignants quant au retard potentiel dans le développement de telles compétences chez les élèves. Cette approche progressive pourrait d'ailleurs contribuer à une meilleure assimilation des concepts mathématiques.

En conséquence, cette recherche enrichit notre compréhension de l'impact des croyances des enseignants et des caractéristiques démographiques sur les pratiques pédagogiques en mathématiques et souligne les domaines nécessitant un renforcement des efforts pour améliorer l'enseignement et l'apprentissage dans les milieux éducatifs de la Belgique francophone.

BIBLIOGRAPHIE

- Andres, M., Ostry, D. J., Nicol, F., & Paus, T. (2007). The role of motor simulation in conceptual knowledge of hand actions. *Psychological Science*, *18*(12), 940-944.
- Bahadir, E. (2017). Teaching multiplication and multiplication tables by the application of finger multiplication. *European Journal Of Education Studies*, *3*(4). doi: 10.5281/zenodo.345417
- Barlow, A. T., & Reddish, J. M. (2006). Mathematical myths: Teacher candidates' beliefs and the implications for teacher educators. *The Teacher Educator*, *41*(3), 145–157. doi:10.1080/08878730609555380
- Baroody, A. J. (1987). The development of counting strategies for single-digit addition. *Journal for Research in Mathematics Education*, *18*(2), 141-157. <https://doi.org/10.5951/jresematheduc.18.2.0141>
- Barrouillet, P., & L epine, R. (2005). Working memory and children's use of retrieval to solve addition problems. *Journal of experimental child psychology*, *91*(3), 183-204. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.03.002>
- Batinic, B., Reips, U. D., & Bosnjak, M. (Eds.). (2002). *Online social sciences*. Seattle, WA, USA: Hogrefe & Huber.
- Beller, S., & Bender, A. (2011). Explicating numerical information: When and how fingers support (or hinder) number comprehension and handling. *Frontiers in Psychology: Cognition*, *214*(2), 1–3. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00214>.
- Bender, A., & Beller, S. (2012). Nature and culture of finger counting: diversity and representational effects of an embodied cognitive tool. *Cognition*, *124*(2), 156-182. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.05.005>
- Berteletti, I., & Booth, J. R. (2016). Finger representation and finger-based strategies in the acquisition of number meaning and arithmetic. In D.B. Brech, C. Geary, & K. Mann Koepke (eds.), *Development of mathematical cognition* (pp. 109-139). Academic Press. DOI:10.1016/B978-0-12-801871-2.00005-8
- Bj orklund, C., Kullberg, A., & Kempe, U. R. (2019). Structuring versus counting: critical ways of using fingers in subtraction. *ZDM*, *51*, 13-24. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0962-0>
- Bj orklund, C., Marton, F., & Kullberg, A. (2021). What is to be learnt? Critical aspects of elementary arithmetic skills. *Educational Studies in Mathematics*, *107*, 261-284. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10045-0>
- Bleyenheuft, Y., & Thonnard, J-L. (2011). Tactile spatial resolution in unilateral brain lesions and its correlation with digital dexterity. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *43*(3), 251-256. DOI: 10.2340/16501977-0651
- Buschle, C., Reiter, H., & Bethmann, A. (2022). The qualitative pretest interview for questionnaire development: outline of programme and practice. *Quality & Quantity*, *56*(2), 823-842.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of child psychology and psychiatry*, *46*(1), 3-18. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00374.x>

Campbell, J. I., & Xue, Q. (2001). Cognitive arithmetic across cultures. *Journal of experimental psychology: General*, 130(2), 299-315. doi:10.1037/0096-3445.130.2.299

Callegaro, M., Manfreda, K. L., & Vehovar, V. (2015). *Web survey methodology*. Sage.

Carbonneau, K. J., Marley, S. C., & Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of educational psychology*, 105(2), 380-399. <https://doi.org/10.1037/a0031084>

Carbonneau, K. J., Zhang, X., & Ardasheva, Y. (2018). Preservice educators' perceptions of manipulatives: The moderating role of mathematics teaching self-efficacy. *School Science and Mathematics*, 118(7), 300-309. <https://doi.org/10.1111/ssm.12298>

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Cohen, J. (2016). A power primer. In A. E. Kazdin (Ed.), *Methodological issues and strategies in clinical research* (4th ed., pp. 279–284). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14805-018>

Crollen, V., & Noel, M. P. (2015). The role of fingers in the development of counting and arithmetic skills. *Acta Psychologica*, 156, 37-44. <https://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.01.007>

Crollen, V., Seron, X., & Noël, M. P. (2011). Is finger-counting necessary for the development of arithmetic abilities?. *Frontiers in Psychology*, 2, 242. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00242>

Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology*, 122(3), 371–396. doi: 10.1037/0096-3445.122.3.371

De Leeuw, E. D., Hox, J., & Dillman, D. (2012). *International handbook of survey methodology*. Routledge.

Domahs, F., Krinzinger, H., & Willmes, K. (2008). Mind the gap between both hands: Evidence for internal finger-based number representations in children's mental calculation. *Cortex*, 44(4), 359-367. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2007.08.001>

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.

Fives, H., & Gill, M. G. (Eds.). (2014). *International handbook of research on teachers' beliefs*. Routledge.

Fischer, J. P., & Charron, C. (2018). Une étude du concept d'innumérisme. *Psychologie Française*, 63(4), 413-426. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2018.02.001>

Frey, M., Gashaj, V., Nuerk, H. C., & Moeller, K. (2024). You can count on your fingers: Finger-based intervention improves first-graders' arithmetic learning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 244, 105934. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2024.105934>

Geary, D. C. (2011). Consequences, Characteristics, and Causes of Mathematical Learning Disabilities and Persistent Low Achievement in Mathematics. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics, 32*(3), 250–263. doi:10.1097/dbp.0b013e318209edef

Geary, D. C. (2013). Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science, 22*(1), 23–27. <https://doi.org/10.1177/0963721412469398>

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)

Gibson, S., & Dembo, M. H. (1984). Teacher efficacy: A construct validation. *Journal of educational psychology, 76*(4), 569–582. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.76.4.569>

Ikart, E. M. (2019). Survey questionnaire survey pretesting method: An evaluation of survey questionnaire via expert reviews technique. *Asian Journal of Social Science Studies, 4*(2), 1.

Jay, T., & Betenson, J. (2017). Mathematics at your fingertips: testing a finger training intervention to improve quantitative skills. In *Frontiers in Education, 2*. Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/educ.2017.00022>

Jones, J. P., & Tiller, M. (2017). Using concrete manipulatives in mathematical instruction. *Dimensions of Early Childhood, 45*(1), 18–23.

Jordan, N. C., Hanich, L. B., & Kaplan, D. (2003). Arithmetic fact mastery in young children: A longitudinal investigation. *Journal of experimental child psychology, 85*(2), 103–119. [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(03\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(03)00032-8)

Jordan, N.C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M.N. (2008). Development of number combination skill in the early school years: When do fingers help? *Developmental Science, 11*(5), 662–668. [10.1111/j.1467-7687.2008.00715.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00715.x)

JORF (2014, 16 avril). Vocabulaire de l'éducation et de l'enseignement supérieur (liste de termes, expressions et définitions adoptés). <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000028855660>

Kaufmann, L. (2008). Dyscalculia: Neuroscience and education. *Educational Research, 50*(2), 163–175. DOI:[10.1080/00131880802082658](https://doi.org/10.1080/00131880802082658)

Koener, R. H. (1958). Twenty Methods for Improving Problem Solving. *The Arithmetic Teacher, 5*(2), 74–78. doi:10.2307/41162173

Krajewski, K. (2008). Prävention der Rechenschwäche. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Eds.), *Handbuch der Pädagogischen Psychologie* (pp. 360–370). Hogrefe.

Krenger, M., & Thevenot, C. (2024). The use of fingers in addition: A longitudinal study in children from preschool to kindergarten. *Cognitive Development, 70*, 101431. [10.1016/j.cogdev.2024.101431](https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2024.101431)

Lafay, A., Osana, H. P., & Valat, M. (2019). Effects of interventions with manipulatives on immediate learning, maintenance, and transfer in children with mathematics learning disabilities: A systematic review. *Education Research International*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2142948>

Moeller, K., Martignon, L., Wessolowski, S., Engel, J., & Nuerk, H.-C. (2011). Effects of finger counting on numerical development the opposing views of neurocognition and mathematics education. *Frontiers in Psychology*, 2, 328–328. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00328>

Moyer, P. S., & Jones, M. G. (2004). Controlling choice: Teachers, students, and manipulatives in mathematics classrooms. *School Science and Mathematics*, 104(1), 16–31. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2004.tb17978.x>

Mutlu, Y., Akgün, L., & Akkusi, Y. E. (2020). What Do Teachers Think about Finger-Counting? *International Journal of Curriculum and Instruction*, 12(1), 268–288.

Neveu, M., Geurten, M., Durieux, N., & Rousselle, L. (2023). Finger use and arithmetic skills in children and adolescents: A scoping review. *Educational Psychology Review*, 35(1), 2. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09722-8>

Nurlu, Ö. (2015). Investigation of teachers' mathematics teaching self-efficacy. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 8(1), 21-40.

Osborne, J. W. (2002). Practical assessment, research & evaluation. *Jurnal Internasional North Carolina State University*, 8.

Palmér, H., & Björklund, C. (2023). The Teaching of Numbers in Common Preschool Activities: A Delicate Balancing Act. *Early Childhood Education Journal*, 51(5), 971-980. <https://doi.org/10.1007/s10643-022-01354-x>

Phelps-Gregory, C. M., Frank, M., & Spitzer, S. M. (2020). Prospective elementary teachers' beliefs about mathematical myths: a historical and qualitative examination. *The Teacher Educator*, 55(1), 6-27. <https://doi.org/10.1080/08878730.2019.1618423>

Philipp, R. A. (2007). Mathematics teachers' beliefs and affect. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 257–315). Charlotte, NC: NCTM & IAP.

Pitt, B., & Casasanto, D. (2014). Experiential origins of the mental number line. In P. Bello, M. Guarini, M. Mcshane & B. Scassellati (Eds.), *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1174-1179). Austin, TX: Cognitive Science Society.

Poletti, C., Krenger, M., Dupont-Boime, J., & Thevenot, C. (2022). The Evolution of Finger Counting between Kindergarten and Grade 2. *Children*, 9(2), 132. <https://doi.org/10.3390/children9020132>

Poletti, C., Krenger, M., Létang, M., & Thevenot, C. (2023). French preschool and primary teachers' attitude towards finger counting. *Acta Psychologica*, 241, 104079. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2023.104079>

Orrantia, J., Muñoz, D., Sanchez, R., & Matilla, L. (2022). Supporting the understanding of cardinal number knowledge in preschoolers: Evidence from instructional practices based on finger patterns. *Early Childhood Research Quarterly*, *61*, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2022.05.009>

Roesch, S., & Moeller, K. (2015). Considering digits in a current model of numerical development. *Frontiers in human neuroscience*, *8*, 1062. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01062>

Roesch, S., Moeller, K., & Bahnmüller, J. (2024). Finger counting, finger number gesturing, and basic numerical skills: A cross-sectional study in 3-to 5-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, *242*, 105892. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2024.105892>

Ross, W., Vallée-Tourangeau, F., & Van Herwegen, J. (2020). Mental arithmetic and interactivity: The effect of manipulating external number representations on older children's mental arithmetic success. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *18*, 985-1000. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09978-z>

Ruel, E., Wagner, W., & Gillespie, B. (2016). Pretesting and pilot testing. In *The Practice of Survey Research: Theory and Applications* (pp. 101-119). SAGE Publications, Inc, <https://doi.org/10.4135/9781483391700>

Sandrini, M., and Rusconi, E. (2009). A brain for numbers. *Cortex*, *45*, 796–809. doi: 10.1016/j.cortex.2008.09.002

Shalev, R. S., Weirman, R., & Amir, N. (1988). Developmental dyscalculia. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *24*(4), 555–561. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(88\)80049-2](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(88)80049-2)

Simon, L., & Tardif, N. (2006). Le sentiment d'efficacité personnelle à la base du développement des compétences. *Le point en administration scolaire*, *9*(1), 18-21.

Soltész, F., Szűcs, D., Dékány, J., Márkus, A., & Csépe, V. (2007). A combined event-related potential and neuropsychological investigation of developmental dyscalculia. *Neuroscience Letters*, *417*(2), 181-186. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.02.067>

Soylu, F., Lester Jr, F. K., & Newman, S. D. (2018). You can count on your fingers: The role of fingers in early mathematical development. *Journal of Numerical Cognition*, *4*(1), 107-135. <https://doi.org/10.5964/jnc.v4i1.85>

Thevenot, C., Castel, C., Danjon, J., Renaud, O., Ballaz, C., Baggioni, L., & Fluss, J. (2014). Numerical abilities in children with congenital hemiplegia: An investigation of the role of finger use in number processing. *Developmental neuropsychology*, *39*(2), 88-100. <https://doi.org/10.1080/87565641.2013.860979>

Thevenot, C., Uittenhove, K., & Prado, J. (2016). La dyscalculie et l'automatisation des procédures de calcul. *Développements*, *20*(21), 9-17.

Tschentscher, N., Hauk, O., Fischer, M. H., & Pulvermüller, F. (2012). You can count on the motor cortex: finger counting habits modulate motor cortex activation evoked by numbers. *Neuroimage*, *59*(4), 3139-3148. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.11.037>

Wiese, H. (2003). Iconic and non-iconic stages in number development: The role of language. *Trends in cognitive sciences*, 7(9), 385-390. doi:10.1016/s1364-6613(03)00192-x

Wiese, E. S., & Koedinger, K. R. (2017). Designing grounded feedback: Criteria for using linked representations to support learning of abstract symbols. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27, 448-474. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0133-9>

Willis, G. B., & Lessler, J. T. (1999). *Question Appraisal System: QAS-99*. Research Triangle Institute.

ANNEXES

Annexe 1 : Question Appraisal System (QAS-99) de Willis et Lessler (1999).

STEP 1 - READING: Determine if it is difficult for the interviewers to read the question uniformly to all respondents.		
1a. WHAT TO READ: Interviewer may have difficulty determining what parts of the question should be read.	YES	NO
1b. MISSING INFORMATION: Information the interviewer needs to administer the question is not contained in the question.	YES	NO
1c. HOW TO READ: Question is not fully scripted and therefore difficult to read.	YES	NO
STEP 2 - INSTRUCTIONS: Look for problems with any introductions, instructions, or explanations from the respondent's point of view.		
2a. CONFLICTING OR INACCURATE INSTRUCTIONS, introductions, or explanations.	YES	NO
2b. COMPLICATED INSTRUCTIONS, introductions, or explanations.	YES	NO
STEP 3 - CLARITY: Identify problems related to communicating the intent or meaning of the question to the respondent.		
3a. WORDING: Question is lengthy, awkward, ungrammatical, or contains complicated syntax.	YES	NO
3b. TECHNICAL TERM(S) are undefined, unclear, or complex.	YES	NO
3c. VAGUE: There are multiple ways to interpret the question or to decide what is to be included or excluded.	YES	NO
3d. REFERENCE PERIODS are missing, not well specified, or in conflict.	YES	NO
STEP 4 - ASSUMPTIONS: Determine if there are problems with assumptions made or the underlying logic.		
4a. INAPPROPRIATE ASSUMPTIONS are made about the respondent or about his/her living situation.	YES	NO
4b. ASSUMES CONSTANT BEHAVIOR or experience for situations that vary.	YES	NO
4c. DOUBLE-BARRELED: Contains more than one implicit question.	YES	NO
STEP 5 - KNOWLEDGE/MEMORY: Check whether respondents are likely to not know or have trouble remembering information.		
5a. KNOWLEDGE may not exist: Respondent is unlikely to know the answer to a factual question	YES	NO
5a. KNOWLEDGE may not exist: Respondent is unlikely to know the answer to a factual question.		
5b. ATTITUDE may not exist: Respondent is unlikely to have formed the attitude being asked about.	YES	NO

5c. RECALL failure: Respondent may not remember the information asked for.	YES	NO
5d. COMPUTATION problem: The question requires a difficult mental calculation.	YES	NO
STEP 6 - SENSITIVITY/BIAS: Assess questions for sensitive nature or wording, and for bias.		
6a. SENSITIVE CONTENT (general): The question asks about a topic that is embarrassing, very private, or that involves illegal behaviour.	YES	NO
6b. SENSITIVE WORDING (specific): Given that the general topic is sensitive, the wording should be improved to minimize sensitivity.	YES	NO
6c. SOCIALLY ACCEPTABLE response is implied by the question.	YES	NO
STEP 7 - RESPONSE CATEGORIES: Assess the adequacy of the range of responses to be recorded.		
7a. OPEN-ENDED QUESTION that is inappropriate or difficult.	YES	NO
7b. MISMATCH between question and response categories.	YES	NO
7c. TECHNICAL TERM(S) are undefined, unclear, or complex.	YES	NO
7d. VAGUE response categories are subject to multiple interpretations.	YES	NO
7e. OVERLAPPING response categories.	YES	NO
7f. MISSING eligible responses in response categories.	YES	NO
7g. ILLOGICAL ORDER of response categories.	YES	NO
STEP 8 - OTHER PROBLEMS: Look for problems not identified in Steps 1 - 7		
8. Other problems not previously identified.	YES	NO

Annexe 2 : Liste des questions incluent dans l'enquête menée auprès des enseignants.

Avis et pratique en lien avec l'enseignement du calcul (A)

La présente étude est réalisée dans le cadre d'un mémoire réalisé au sein de la Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'éducation de l'Université de Liège. L'objectif de celle-ci est de connaître vos avis et pratiques de classe en lien avec l'enseignement du calcul.

Cette recherche implique de remplir un questionnaire d'une dizaine de minutes. Si vous souhaitez davantage d'informations concernant cette recherche, veuillez contacter :

Cécile Jeumont (cecile.jeumont@student.uliege.be)

Anaëlle Schindler (anaelle.schindler@student.uliege.be)

Laurence Rousselle (laurence.rousselle@uliege.be)

Cette recherche a reçu l'approbation du Comité d'éthique (de la Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'éducation) de l'Université de Liège.

INFORMATION ET CONSENTEMENT ECLAIRE POUR DES RECHERCHES MENEES VIA INTERNET

Votre participation à cette recherche est volontaire. Vous pouvez choisir de ne pas participer et si vous décidez de participer **vous pouvez cesser de répondre aux questions à tout moment et fermer la fenêtre de votre navigateur sans aucun préjudice.** Vous pouvez également choisir de ne pas répondre à certaines questions spécifiques.

Cette recherche implique de remplir un questionnaire en ligne pendant une durée d'une dizaine de minutes. Vos réponses seront confidentielles et nous ne collecterons pas d'information permettant de vous identifier, telle que votre nom, votre adresse e-mail ou votre adresse IP, qui pourrait permettre la localisation de votre ordinateur. Vos réponses seront transmises anonymement à une base de données. Votre participation implique que vous acceptez que les renseignements recueillis soient utilisés anonymement à des fins de recherche. Les résultats de cette étude serviront à des fins scientifiques uniquement.

Vous disposez d'une série de droits relatifs à vos données personnelles (accès, rectification, suppression, opposition) que vous pouvez exercer en prenant contact avec le Délégué à la protection des données de l'institution dont les coordonnées se trouvent ci-dessous. Vous pouvez également lui adresser toute doléance concernant le traitement de vos données à caractère personnel. Les données à caractère personnel ne seront conservées que le temps utile à la réalisation de l'étude visée, c'est-à-dire environ deux ans.

Les données codées issues de votre participation à cette recherche peuvent être transmises si utilisées dans le cadre d'une autre recherche en relation avec cette étude-ci, et elles seront éventuellement compilées dans des bases de données accessibles à la communauté scientifique. **Les données que nous partageons ne seront pas identifiables et n'auront seulement qu'un numéro de code, de telle sorte que personne ne saura quelles données sont les vôtres.** Les données issues de votre participation à cette recherche seront stockées pour une durée minimale de 15 ans.

Une fois l'étude réalisée, les données acquises seront codées et stockées pour traitement statistique. Dès ce moment, ces données codées ne pourront plus être retirées de la base de traitement. Si vous changez d'avis et retirez votre consentement à participer à cette étude, nous ne recueillons plus de données supplémentaires sur vous. Les données d'identification vous concernant seront détruites. Seules les données rendues anonymes pourront être conservées et traitées de façon statistique.

Les modalités pratiques de gestion, traitement, conservation et destruction de vos données respectent Règlement Général sur la Protection des Données (UE 2016/679), les droits du patient (loi du 22 août 2002) ainsi que la loi du 7 mai 2004 relative aux études sur la personne humaine. Toutes les procédures sont réalisées en accord avec les dernières recommandations européennes en matière de collecte et partage de données. Ces traitements de données à caractère personnel seront réalisés dans le cadre de la mission d'intérêt public en matière de recherche reconnue à l'Université de Liège par le Décret délimitant le paysage de l'enseignement supérieur et l'organisation académique des études du 7 novembre 2013, art. 2.

Une assurance a été souscrite au cas où vous subiriez un dommage lié à votre participation à cette recherche. Le promoteur assume, même sans faute, la responsabilité du dommage causé au participant (ou à ses ayants droit) et lié de manière directe ou indirecte à la participation à cette étude. Dans cette optique, le promoteur a souscrit un contrat d'assurance auprès d'Ethias, conformément à l'article 29 de la loi belge relative aux expérimentations sur la personne humaine (7 mai 2004).

Pour toute question, demande d'exercice des droits ou plainte relative à la gestion de vos données à caractère personnel, vous pouvez vous adresser au Délégué à la protection des données par e-mail (dpo@uliege) ou par courrier signé et daté adressé comme suit :

Monsieur le Délégué à la Protection des Données

Bât.B9Cellule "GDPR",
Quartier Village 3,
Boulevard de Colonster 2,
4000 Liège, Belgique.

Vous disposez également du droit d'introduire une réclamation auprès de l'Autorité de protection des données (<https://www.autoriteprotectiondonnees.be>, contact@apd-gba.be).

1. J'ai pris connaissance des informations reprises ci-dessus et je donne mon consentement libre et éclairé (pour participer à cette recherche) :
→ Oui / Non

2. Je participe à cette étude :
→ Oui / non

Quelques informations

Dans ce questionnaire vous serez confronté à différents types de questions :

- Lorsque les cases à cocher sont **rondes, une seule réponse** est attendue
- Lorsque les cases à cocher sont **carrées, plusieurs réponses** peuvent être sélectionnées.
- Des échelles de Likert où un degré d'accord / désaccord vous est demandé
Des champs libres dans le cas où vous cocheriez une **case "autre"** qui peuvent **aussi** être utilisée **pour nuancer les réponses** proposées dans la question.

Veuillez noter que vous devrez impérativement répondre à toutes les questions afin d'avancer dans le questionnaire.

Données démographiques

3. Le **code postale** de la commune dans laquelle je travaille principalement est (*Ex. 4800*) :
→ Champ libre

4. Je m'identifie en tant que :
 - Femme / Homme / Autre (champ libre)

5. Actuellement, je travaille **principalement** dans l'enseignement :
 - Ordinaire (passer à la question 6)
 - Spécialisé (passer à la question 7)

6. Actuellement, j'enseigne **principalement** en :
 - 3^{ème} maternelle
 - 1^{ère} primaire
 - 2^{ème} primaire
 - 3^{ème} primaire
 - 4^{ème} primaire
 - 5^{ème} primaire
 - 6^{ème} primaire
 - Autre (champ libre)

(passer à la question 9)

7. Actuellement, j'enseigne **principalement** en :
 - Type 1
 - Type 2
 - Type 3
 - Type 4
 - Type 5
 - Type 6
 - Type 7
 - Type 8
 - Autre (champ libre)

8. L'âge de mes élèves se situe entre (*Ex. 8 et 12*) :
 - Champ libre

9. Dans ma classe, il y a actuellement :
 - Moins de 15 élèves
 - Entre 15 et 20 élèves
 - Entre 21 et 25 élèves
 - Entre 26 et 30 élèves
 - Plus de 30 élèves

10. Le **nom de l'école** dans laquelle je travaille **principalement** est :
 - Champ libre

11. Mon **âge** est de (*Ex. 35*) :
 - Champ libre

12. J'enseigne depuis :
 - Moins de 5 ans
 - 5 à 15 ans
 - 16 à 25 ans
 - Plus de 25 ans

13. Le **nombre d'années d'étude** dans l'enseignement supérieur que j'ai validé pour exercer mon métier d'enseignant(e) :

- Aucune (titre de pénurie ou autre)
- 3 années (école normale, bachelier ou équivalent)
- 4 ou 5 ans (master ou équivalent)

Utilisation de matériel dans ma pratique d'enseignant

14. Dans ma classe, pour enseigner les mathématiques, j'utilise du **matériel** :
- Oui (Passer à la question 15)
 - Non (Passer à la question 16)
15. Dans ma classe, pour enseigner les mathématiques, j'utilise comme matériel (*carré = plusieurs réponses possibles*) :
- Un boulier
 - Des réglettes
 - Des jetons
 - Les doigts
 - Autre (champ libre)
16. Lorsque j'enseigne les mathématiques à mes élèves, j'utilise les **doigts** comme supports aux apprentissages :
- Oui (Passer à la question 17)
 - Non (Passer à la question 18)
17. Dans le contexte de ma pratique, j'utilise les doigts pour (*Carré = plusieurs réponses possibles*) :
- Leur apprendre à réciter la séquence des mots-nombres (c'est-à-dire compter).
 - Représenter des quantités inférieures ou égales à 10.
 - Les aider à résoudre des additions.
 - Les aider à résoudre des soustractions.
 - Les aider à résoudre des multiplications.
 - Les aider à résoudre des divisions.
 - Autre (champ libre)
18. Lorsque je propose des **exercices de calcul** à mes élèves (*carré = plusieurs réponses possibles*) :
- Je les laisse utiliser spontanément leurs doigts. (Passer à la question 21)
 - Je les encourage explicitement à utiliser leurs doigts si je constate qu'ils sont en difficulté. (Passer à la question 21)
 - Je leur montre comment utiliser leurs doigts. (Passer à la question 19)
 - Je leur demande de ne pas utiliser leurs doigts et de résoudre les calculs mentalement. (Passer à la question 21)
 - Je leur demande de ne pas utiliser leurs doigts, mais je propose des objets concrets autres type boulier, jetons, réglettes, ... (Passer à la question 21)
 - Autre (Champ libre) (Passer à la question 21)
19. La fréquence à laquelle je montre à **l'ensemble des élèves de ma classe** comment utiliser les doigts (*carré = plusieurs réponses possibles*) :
- Jamais
 - Moins d'une fois par mois
 - Minimum 1x par mois
 - Minimum 1x par semaine
 - Minimum 1x par jour/séance
 - Plusieurs fois par séance lors des premières séances puis j'arrête progressivement
 - Autre (Champ libre)

20. La fréquence à laquelle je montre **aux élèves en difficulté** comment utiliser les doigts (carré = plusieurs réponses possibles) :
- Jamais
 - Moins d'une fois par mois
 - Minimum 1x par mois
 - Minimum 1x par semaine
 - Minimum 1x par jour/séance
 - Plusieurs fois par séance lors des premières séances puis j'arrête progressivement
 - Autre (Champ libre)

On distingue **différentes stratégies** de résolution de calculs sur les doigts :

1. Lever successivement les doigts pour arriver à la solution (Ex. $2+4 =$ l'enfant lève successivement doigts, la réponse est 6).
2. Représenter les quantités sur les doigts sans les compter (Ex. 2 doigts levés + 4 doigts levés = 6 doigts levés, la réponse c'est 6).
3. Combiner les deux stratégies (Ex. $4+2 =$ 4 doigts levés puis l'enfant lève successivement les 5^{ème} 6^{ème} doigts, la réponse est 6).

21. J'observe ces différentes stratégies chez mes élèves :

- Lever successivement les doigts pour arriver à la solution. Oui/non
- Représenter les quantités sur les doigts sans les compter. Oui/non
- Combiner les deux stratégies. Oui/non

22. Parmi élèves qui utilisent leurs doigts, quelle(s) sont la/les stratégie(s) **dominante(s)** (car = plusieurs réponses possibles) :

- Lever successivement les doigts pour arriver à la solution (Ex. $2+4 =$ l'enfant lève successivement 6 doigts, la réponse est 6).
- Représenter les quantités sur les doigts sans les compter (Ex. 2 doigts levés + 4 doigts levés 6 doigts levés, la réponse c'est 6).
- Combiner les deux stratégies (Ex. $4+2 =$ 4 doigts levés puis l'enfant lève successivement les 5^{ème} et 6^{ème} doigts, la réponse est 6).
- Pas d'application.

23. Dans ma pratique actuelle, j'utilise une **méthode reconnue** d'utilisation des doigts pour enseigner les mathématiques :

- Oui (Passer à la question 24)
- Non (Passer à la question 25)

24. Le **nom** de la méthode que j'utilise est :

- Champ libre

Croyances

25. Je pense que les enfants peuvent utiliser leurs doigts en mathématiques à tout âge :

- Oui (Passer à la question 26)
- Non (Passer à la question 27)

26. Oui (Carré = Plusieurs réponses possibles) :

- Dans l'enseignement spécialisé.
- Parce que chaque élève dispose de compétences différentes et peut utiliser ses doigts si nécessaires.
- Autre (champ libre)

(passer à la question 28)

27. Non (*Carré = Plusieurs réponses possibles*) :
- Sauf dans l'enseignement spécialisé.
 - Il faut arrêter d'utiliser les doigts une fois que les principes arithmétiques sont compris.
 - Il faut arrêter d'utiliser les doigts en 1ère primaire.
 - Il faut arrêter d'utiliser les doigts en 2ème primaire.
 - Il faut arrêter d'utiliser les doigts en 3ème primaire.
 - Il faut arrêter d'utiliser les doigts en 4ème primaire.
 - Il faut arrêter d'utiliser les doigts en 5ème primaire.
 - Il faut arrêter d'utiliser les doigts en 6ème primaire.
 - Autre (Champ libre)
28. Dans le contexte de ma pratique de classe (niveau scolaire, type d'enseignement), les **indicateurs positifs** du développement des compétences en mathématiques sont (*carré plusieurs réponses possibles*) :
- Il calcule mentalement et rapidement sans faire d'erreur
 - Il connaît bien ses tables de multiplication.
 - Il n'a pas besoin de matériel pour résoudre des calculs.
 - Il est capable de calculer sur ses doigts.
 - Il est capable de calculer avec des objets concrets.
 - Autre (champ libre).
29. Je pense qu'un élève continue d'utiliser des stratégies de comptage sur les doigts pour résoudre des calculs car (*carré = plusieurs réponses possibles*) :
- Il manque de confiance en lui.
 - Il présente des difficultés à mémoriser des calculs.
 - Il a pris une mauvaise habitude.
 - Il a des difficultés d'apprentissage en mathématiques.
 - Il a des capacités intellectuelles plus basses.
 - Il est dépendant à une représentation concrète.
 - Autre (Champ libre)
30. Je pense que le comptage sur les doigts présente des **avantages** pour l'apprentissage de mathématiques :
- Oui (Passer à la question 31)
 - Non (Passer à la question 32)
31. Le comptage sur les doigts pour les apprentissages en mathématiques présente les avantages suivants (*carré = plusieurs réponses possibles*) :
- Le comptage sur les doigts rend les mathématiques plus concrètes.
 - Un enfant qui apprend le calcul sur les doigts transite plus facilement vers le calcul mental.
 - Le comptage sur les doigts diminue la charge en mémoire de travail.
 - Le comptage sur les doigts aide les élèves à résoudre des opérations d'addition sans erreur
 - Le comptage sur les doigts aide les élèves à résoudre des opérations de soustraction sans erreur.
 - Le comptage sur les doigts aide les enfants à résoudre des opérations de multiplication et/ de division sans erreur.
 - Le comptage sur les doigts augmente la vitesse de résolution de calcul.
 - Le comptage sur les doigts permet de résoudre des calculs quels que soit le type d'opération arithmétique.
 - Autre (Champ libre)
32. Je pense que le comptage sur les doigts présente des **inconvénients** pour l'apprentissage des mathématiques :
- Oui (Passer à la question 33)
 - Non (Passer à la question 34)

33. Le comptage sur les doigts pour les apprentissages en mathématiques présente les inconvénients suivants (*carré = plusieurs réponses possibles*) :
- Le comptage sur les doigts retarde le passage vers des stratégies mentales.
 - Le comptage sur les doigts augmente la charge en mémoire de travail.
 - Le comptage sur les doigts augmente le nombre d'erreurs de résolution de calcul.
 - Le comptage sur les doigts peut mener à un jugement négatif par les pairs.
 - Le comptage sur les doigts devient une mauvaise habitude qu'il est difficile de déconstruire --
 - Le comptage sur les doigts ralentit la vitesse de résolution de calcul.
 - Le comptage sur les doigts limite la résolution de calcul.
 - Autre (Champ libre)
34. Lorsque mes élèves utilisent leurs doigts pour calculer, je sais comment les amener à se passer de leurs doigts :
- Tout à fait d'accord
 - Plutôt d'accord
 - Neutre
 - Plutôt pas d'accord
 - Pas du tout d'accord
 - Pas d'application
35. Lorsque mes élèves utilisent du matériel concret pour calculer, je sais comment les amener à se passer des objets concrets :
- Tout à fait d'accord
 - Plutôt d'accord
 - Neutre
 - Plutôt pas d'accord
 - Pas du tout d'accord
 - Pas d'application
36. Je me sens à l'aise de laisser l'enfant utiliser ses propres méthodes afin de résoudre des calculs
- Tout à fait d'accord
 - Plutôt d'accord
 - Neutre
 - Plutôt pas d'accord
 - Pas du tout d'accord
 - Pas d'application
37. Il est important que l'enfant utilise des stratégies mentales afin de résoudre des calculs :
- Tout à fait d'accord
 - Plutôt d'accord
 - Neutre
 - Plutôt pas d'accord
 - Pas du tout d'accord
 - Pas d'application
38. Lorsque mes élèves utilisent leurs doigts pour résoudre des calculs, je trouve que leur vitesse de résolution est plus lente :
- Tout à fait d'accord
 - Plutôt d'accord
 - Neutre
 - Plutôt pas d'accord
 - Pas du tout d'accord
 - Pas d'application

Nous vous remercions pour votre participation.

Si vous désirez recevoir les résultats de cette étude, veuillez envoyer un mail à une des adresses suivantes :

Cecile.jeumont@student.uliege.be

Anaëlle.schindler@student.uliege.be

39. Avez-vous des remarques par rapport à ce questionnaire / cette recherche ?

→ Champ libre

Annexe 3 : Tableau récapitulatif des propositions sélectionnées par les participants qui pensent que le comptage sur les doigts présente aussi bien des avantages que des inconvénients pour l'apprentissage des mathématiques.

	« Le comptage sur les doigts pour les apprentissages en mathématiques présente les inconvénients suivants »	« Le comptage sur les doigts pour les apprentissages en mathématiques présente les avantages suivants »
1	Jugement négatif par les pairs Ralentit la vitesse de résolution de calcul Limite la résolution de calculs	Rend les mathématiques plus concrètes Transition plus facile vers le calcul mental Diminue la charge en MDT
2	Ralentit la vitesse de résolution de calcul Limite la résolution de calcul	Diminue la charge en MDT
3	Retarde le passage vers des stratégies mentales Devient une mauvaise habitude Limite la résolution de calcul	Rend les mathématiques plus concrètes Aide à résoudre des additions sans erreur Aide à résoudre des multiplications / divisions sans erreurs
4	Retarde le passage vers des stratégies mentales Ralentit la vitesse de résolution de calcul Limite la résolution de calcul	« Essentiel pour se représenter les nombres en dessous de 10 mais besoin d'autres représentations mentales pour aller au-delà de 10 »
5	Retarde le passage vers des stratégies mentales Augmente le nombre d'erreurs de calcul Ralentit la vitesse de résolution de calcul Limite la résolution de calcul	Rend les mathématiques plus concrètes Diminue la charge en MDT
6	Retarde le passage vers des stratégies mentales Ralentit la vitesse de résolution de calcul	Rend les mathématiques plus concrètes Diminue la charge en MDT
7	Retarde le passage vers des stratégies mentales « Calculs non automatisés, élèves en surcharge »	Rend les mathématiques plus concrètes Transition plus facile vers le calcul mental Diminue la charge en MDT Aide à résoudre des additions sans erreur Aide à résoudre des soustractions sans erreur Aide à résoudre des multiplications / divisions sans erreur Augmente la vitesse de résolution de calcul Résolution de calculs quels que soit le type d'opération arithmétique
8	« Le comptage sur les doigts n'est pas applicable à tous les enfants »	Rend les mathématiques plus concrètes Transition plus facile vers le calcul mental Diminue la charge en MDT Augmente la vitesse de résolution de calcul Résolution de calculs quels que soit le type d'opération arithmétique
9	Limite la résolution de calcul	Rend les mathématiques plus concrètes Transition plus facile vers le calcul mental Diminue la charge en MDT Aide à résoudre des additions sans erreur Augmente la vitesse de résolution de calcul

10	Retarde le passage vers des stratégies mentales Ralentit la vitesse de résolution de calcul Limite la résolution de calcul	Rend les mathématiques plus concrètes Diminue la charge en MDT
11	Augmente la charge en MDT	Rend les mathématiques plus concrètes Transition plus facile vers le calcul mental
12	Retarde le passage vers des stratégies mentales Ralentit la vitesse de résolution de calcul Limite la résolution de calcul	Rend les mathématiques plus concrètes
13	Retarde le passage vers des stratégies mentales Jugement négatif par les pairs Deviens une mauvaise habitude Ralentit la vitesse de résolution de calcul	Rend les mathématiques plus concrètes Diminue la charge en MDT

Annexe 4 : Répartition des tâches au sein du binôme intégral

- Rédaction de l'introduction : 50 % par chacune
- Rédaction de la littérature scientifique : 50 % par chacune
- Rédaction de la méthodologie : 50 % par chacune
- Rédaction des résultats : 50 % par chacune
- Rédaction de la discussion : 50 % par chacune
- Rédaction de la conclusion : 50 % par chacune
- Recherche de la littérature scientifique : 50 % par chacune
- Construction du questionnaire : 50 % par chacune
- Passation du pré-test : 50 % par chacune
- Recrutement des participants : 50 % par chacune

La rédaction de ce mémoire a été répartie de manière relativement équitable entre les deux membres du binôme. Chacun a contribué de façon égale à toutes les étapes de la rédaction et de la création du document. Nous avons ainsi une compréhension claire et partagée du contenu de chaque section de ce travail.