

**Preschool predictors of arithmetic skills  
and language effect on numerical  
development**

---



# **Preschool predictors of arithmetic skills and language effect on numerical development**

A longitudinal study on Vietnamese children and  
two cross-linguistic studies between Vietnamese and French

---

**Lê Thị Mai Liên**

**Promoteur**

Marie-Pascale Noël (UCLouvain)

Thèse présentée en vue de  
l'obtention du grade de Docteur  
en sciences psychologiques et  
de l'éducation

### **Comité d'accompagnement et jury**

Jacques Grégoire (UCLouvain, Président de jury)  
Marie-Pascale Noël (UCLouvain, Secrétaire du jury)  
Michael Andres (UCLouvain)  
Laurence Rousselle (Université de Liège)  
Catherine Thevenot (Université de Lausanne)

Image de couverture : © Nguyễn Việt Xuân Huy & Phan Hoàng Lộc

# Table des matières

---

<b>Table des matières</b>	<b>5</b>
<b>Résumé - Abstract</b>	<b>7</b>
<b>Aperçu de la thèse</b>	<b>9</b>
1. Projet général	9
2. Contenu des chapitres	10
<b>Chapitre 1. Introduction</b>	<b>13</b>
3. Étude présente	14
3.1 Objectifs et questions de recherche	14
3.2 Plan d'étude	14
3.3 Hypothèses	15
<b>Chapter 2. Preschool numerical predictors of later arithmetic skills. A 2-year longitudinal study in Vietnamese children</b>	<b>19</b>
<b>Chapter 3. Numerical predictors of children's evolution in arithmetic from preschool to end of first grade</b>	<b>21</b>
<b>Chapter 4. Transparent number-naming system gives only limited advantage for preschooler's numerical development</b>	<b>23</b>
1. Introduction	25
1.1 Overview of numerical development	25
1.2 Effect of language on the numerical development of preschoolers	26
1.3 Home numeracy and preschoolers' numerical performance	27
1.4 Present study	29
2. Methods	30
2.1 Participants	30
2.2 Tasks	32
2.3 Procedure	35
3. Results	36
3.1 Analyses	36
3.2 General cognitive ability	36
3.3 Cross-national variation in numerical ability	37
3.4 Difference in counting ability and cardinal knowledge	38
3.5 Cross-national variation in home activity frequency	40
3.6 Difference in formal versus informal numeracy activity	40
3.7 Home numeracy and children's numerical performance	41
3.8 Language, home numeracy, and counting variation	43
4. Discussion	43

4.1 Differences in numerical ability between the two countries	43
4.2 Differences in home numeracy by country	46
4.3 Strengths and limitations	47
<b>Chapter 5. Transparent Vietnamese number-naming system facilitates first graders transcoding-cross-linguistic study comparison with French</b>	<b>49</b>
<b>Chapitre 6. Discussion générale</b>	<b>51</b>
1. Résumé de l'étude	53
2. Prédicteurs et mécanismes sous-jacents au développement arithmétique	54
2.1 Acquisition et élaboration de la chaîne numérique verbale comme précurseur des compétences arithmétiques ultérieures	54
2.2 La compréhension de la magnitude des nombres symboliques prédit l'évolution arithmétique	56
2.3. La magnitude non symbolique est moins importante dans l'apprentissage arithmétique	57
3. Est-ce que la transparence de la structure des mots nombres est un avantage pour le développement numérique?	57
4. Réflexion sur le modèle du transcodage	60
5. Forces et limitations	60
6. Perspectives futures	61
6.1 Extension des études sur les prédicteurs du développement mathématique de l'enfant	62
6.2 Extension sur l'effet de la langue sur la compréhension de base 10	62
6.3 Étude d'implication	65
7. Conclusions	66

## Résumé

---

Cette thèse poursuit deux objectifs. Le premier est d'explorer les prédicteurs robustes des capacités arithmétiques ultérieures. Dans cette optique, une étude longitudinale a été menée sur des enfants vietnamiens de 4 à 6 ans. A l'âge préscolaire, différentes aptitudes numériques ont été évaluées chez ces enfants, telles que le comptage, le dénombrement, la compréhension de la cardinalité, la capacité à comparer des nombres verbaux et des collections, et à faire des additions approximatives. A la fin de la première année du primaire, les capacités d'additions ont été mesurées par un facteur couvrant à la fois les aspects quantitatifs (précision, fluidité) et qualitatifs (stratégies). Le second objectif est d'observer l'effet de la langue, en particulier, le degré de transparence à la base 10 de son système numérique verbal, sur le développement numérique de l'enfant. Deux études interlinguistiques auprès d'enfants vietnamiens et belges francophones ont été menées afin d'examiner cet effet, à la fois chez les jeunes enfants d'âge préscolaire dans des tâches numériques variées et puis chez les enfants de première année primaire dans des tâches de transcoding numérique.

## Abstract

---

This thesis has two objectives. The first is to explore the robust predictors of later arithmetic abilities. A two-year longitudinal study was conducted on Vietnamese children aged 4 to 6 years. This study measures different numerical skills at preschool age, such as counting, enumeration, understanding of cardinality, ability to compare verbal numbers and collections, and approximate addition, to determine which ones predict addition skills at the end of first grade measured by a factor that covers both quantitative (accuracy, fluency) and qualitative (strategies) aspects. The second is to examine the effect of language, in particular, the degree of transparency to the base 10 of its verbal numerical system, on the child's numerical development. Two cross-linguistic studies with Vietnamese and French-speaking Belgian children were conducted to examine this effect, both in young preschoolers in various numerical tasks and in first grade children in numerical transcoding tasks.



# Aperçu de la thèse

---

## 1. Projet général

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet ARES-CCD 2016-2021 intitulé « *Développement et mise en place d'un certificat universitaire en Evaluation et intervention psychologique pour les enfants ayant des difficultés d'apprentissage en milieu scolaire* ». Il s'agit d'un projet de coopération entre l'UCLouvain, l'ULiège et l'USSH- Université nationale du Vietnam (VNU) - Ho Chi Minh ville (HCMV). Le projet actuel aborde la question centrale de l'aide aux enfants présentant des troubles de l'apprentissage et de leur intégration dans l'enseignement ordinaire. Pour atteindre cet objectif, des professeurs d'universités belges ont coopéré avec des professeurs vietnamiens pour construire des cours adaptés au contexte vietnamien, et ont ensuite formé plus de 50 psychologues et professeurs d'éducation spécialisée vietnamiens à HCMV. Les professionnels nouvellement formés ont ensuite travaillé comme praticiens, contribuant à identifier les enfants souffrant de troubles de l'apprentissage et à intervenir auprès d'eux. Il s'agissait là de leur premier enjeu. Le deuxième enjeu était le développement de la recherche liée aux processus cognitifs et émotionnels des enfants et à l'impact de la langue et de l'environnement familial sur leur apprentissage et leur développement. Le bénéfice de tout ce projet est à la fois humain et académique : d'une part, les enfants concernés pourront développer leurs compétences et avoir de meilleures chances d'intégration sociale et, d'autre part, le projet contribue au développement d'un nouveau laboratoire de recherche au sein de l'USSH-VNU-HCMV. Ce nouveau centre de recherche permettra d'étudier de nombreuses questions pour lesquelles des réponses scientifiques font actuellement défaut. Par exemple, quelles sont les particularités des troubles du langage oral et écrit liés aux spécificités de la langue vietnamienne, monosyllabique et système à six tons ? Que représentent les difficultés mathématiques et la dyscalculie lorsque l'enfant parle et apprend un système numérique verbal transparent à la base 10 ? Quelles sont les particularités des troubles émotionnels et comportementaux et leurs facteurs sous-jacents dans le contexte éducatif et culturel vietnamien ?

Dans ce projet, j'ai joué deux rôles : l'un en tant que partenaire pour le développement de programmes, traductrice de contenu et collaboratrice avec le partenaire belge; l'autre en tant que doctorante. Dans le premier rôle, j'ai coopéré avec des professeurs et des praticiens belges : Marie-Pascale Noël, Alice De Visscher, Lucie Hubinon, Nathalie Timmermans et Sandrine Mejias, pour construire trois cours adaptés au contexte vietnamien tels que le développement du traitement des nombres, l'évaluation et le diagnostic de la dyscalculie, l'intervention dans les troubles de la dyscalculie. Ces travaux m'ont également permis d'acquérir les bases de la recherche et de la pratique en cognition numérique que je n'avais jamais pu acquérir auparavant (la formation sur la cognition numérique au Vietnam est inadaptée et presque uniquement basée sur la théorie Piagétienne).

Sur le plan académique, j'ai développé un projet de recherche lié au développement numérique des enfants vietnamiens de 2017 à aujourd'hui avec la professeure Marie-Pascale Noël - ma promotrice de thèse. La thèse a deux objectifs principaux : d'abord, **explorer les meilleurs prédicteurs des compétences arithmétiques ultérieures et de l'évolution arithmétique de l'enfant**; ensuite, **examiner l'effet de la langue (c'est-à-dire la transparence en base 10 du système numérique verbal) sur plusieurs aspects du développement numérique**.

Pour le premier objectif, nous avons mené une étude longitudinale pendant deux ans (voir figure 1) sur des enfants vietnamiens de 4 à 6 ans. Pour le second objectif, nous avons mené deux études inter linguistiques auprès d'enfants d'âge préscolaire (étude comparative 1) et d'enfants de première année (étude comparative 2) du Vietnam et de Belgique, où les enfants parlent deux systèmes numériques contrastés (vietnamien et français).

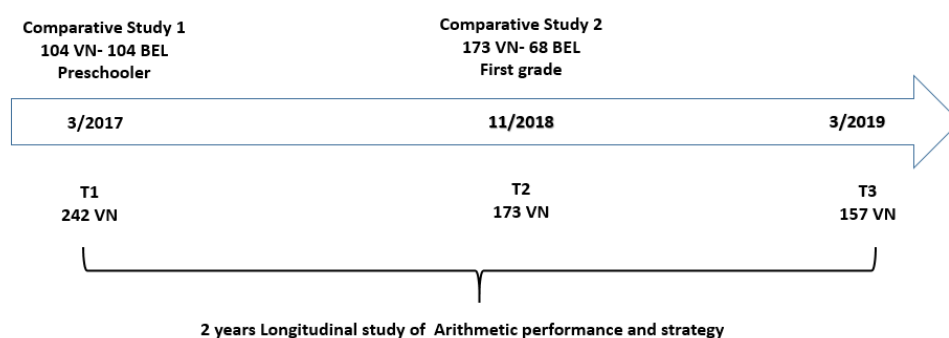


Figure 1. Chronologie d'une étude longitudinale et d'études interlingues

## 2. Contenu des chapitres

La thèse se compose de six chapitres. Le premier chapitre donne un aperçu du développement numérique et arithmétique de base et une synthèse de la littérature sur l'effet de la langue sur le développement numérique. Les chapitres 2 et 3 présentent l'étude longitudinale sur les prédicteurs des aptitudes arithmétiques ultérieures et du développement arithmétique. Les chapitres 4 et 5 portent sur deux études comparatives relatives à cet effet. Le dernier chapitre présente les conclusions générales des différentes études et suggère des perspectives futures.

### Chapitre 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter le développement arithmétique de l'enfant. Puis, nous parlerons des études longitudinales qui ont examiné à l'âge préscolaire, les prédicteurs des performances arithmétiques ultérieures. Nous expliquerons le rôle de chaque prédicteur et la nécessité de mener notre étude longitudinale qui est l'étude principale de cette thèse. Nous présentons également l'effet des différences de langue sur le développement numérique des enfants. Nous commencerons par aborder brièvement les facteurs non linguistiques

(culture et pratique numérique parents-enfants) qui pourraient rendre compte de différences interculturelles. Puis nous abordons la question de l'impact de la différence dans la structure des nombres verbaux sur les traitements numériques. Nous définissons les différents niveaux d'influences linguistiques sur le développement numérique et expliquons plus en détail les influences lexicales (c'est-à-dire la transparence du système numérique verbal en base 10). Nous analysons les études publiées et introduisons la motivation derrière nos études interlangues. Enfin, nous présentons deux systèmes numériques très différents, le français et le vietnamien et introduisons nos études comparatives.

## **Chapitre 2. Prédicteurs numériques préscolaires des compétences arithmétiques ultérieures : une étude longitudinale de deux ans chez des enfants vietnamiens**

Dans le chapitre 2, nous examinons notre première question principale « *Parmi les capacités numériques de base des enfants d'âge préscolaire, quels sont les prédicteurs robustes des compétences arithmétiques ultérieures?* »

Nous présentons les résultats d'une étude longitudinale dans laquelle nous mesurons différentes aptitudes numériques à l'âge préscolaire (telles que la capacité à compter, à élaborer la chaîne verbale des nombres, à comprendre le concept cardinal (via la tâche de dénombrer une collection et de donner N objets), à comparer des nombres verbaux et des collections, et à faire des additions approximatives) afin de détecter celles qui prédisent le mieux les compétences arithmétiques ultérieures. Ces compétences arithmétiques ont été mesurées par un facteur qui couvre à la fois les aspects quantitatifs (précision, fluidité) et qualitatifs (stratégies) de la résolution d'opérations additives. Nous avons effectué des analyses de régression et une analyse de dominance pour comparer le pouvoir prédictif de ces prédicteurs. Les résultats montrent que l'aptitude à compter, et en particulier l'aptitude à compter à partir d'une borne (comptage avancé), mesurée au début de la maternelle, est le prédicteur le plus robuste des compétences arithmétiques deux ans plus tard. Les autres capacités (dénombrer et comparer des collections, etc.) sont moins importantes. Le rôle de chaque prédicteur a été discuté afin de comprendre comment il contribue au développement de l'arithmétique.

## **Chapitre 3. Prédicteurs numériques de l'évolution en arithmétique des enfants de l'école maternelle à la fin de la première année du primaire**

Le chapitre 3 vise à déterminer les prédicteurs de l'évolution arithmétique. L'évolution arithmétique signifie ici la croissance intra-individuelle des performances arithmétiques entre la maternelle, puis le début et la fin de la première année primaire. Nous avons appliqué le modèle mixte linéaire généralisé (GLMM). Les prédicteurs pris en compte étaient les capacités numériques (évaluées à l'aide des sept tâches numériques utilisées au chapitre 2) et les capacités cognitives (raisonnement et empan de chiffre). L'analyse GLMM a montré que les capacités de traitement de nombre symbolique, telles que l'aptitude à compter (routine verbale), le dénombrement, la comparaison de nombres verbaux oraux, et l'addition approximative symbolique étaient des prédicteurs significatifs de la croissance arithmétique individuelle.

#### **Chapitre 4. Le système numérique transparent ne présente qu'un avantage limité pour le développement numérique des enfants d'âge préscolaire : comparaison entre les enfants vietnamiens et francophones**

Ce chapitre vise à examiner la question suivante : « *Dans quelle mesure le système de nombres verbaux d'une langue a-t-il un impact sur le développement numérique des enfants d'âge préscolaire ?* ». Dans notre première étude comparative, nous avons testé si le système vietnamien facilite l'acquisition de la chaîne numérique verbale et d'autres capacités numériques (tâches numériques mesurées de manière similaire au chapitre 1). Nous avons choisi des enfants d'âge préscolaire afin de minimiser l'influence de l'apprentissage scolaire. En outre, pour démêler l'effet de la langue et l'effet de la culture en général, nous avons également mesuré le niveau d'éducation des parents et l'expérience numérique parent-enfant à la maison comme facteurs environnementaux. Les résultats indiquent que les enfants vietnamiens ne surpassent les enfants belges francophones qu'en matière de comptage. Les deux groupes ne diffèrent pas dans les autres capacités numériques, bien que les parents vietnamiens aient tendance à stimuler leur enfant à la maison un peu plus que les parents belges francophones et que la structure numérique verbale vietnamienne soit plus transparente.

#### **Chapitre 5. Le système numérique vietnamien transparent facilite le transcodage des élèves de première année - une comparaison translinguistique avec le français**

Le chapitre 5 étudie l'effet de la langue sur le transcodage et vise à répondre à deux questions principales : « *La transparence du système de nombres en base 10 a-t-elle un impact sur le développement du transcodage des élèves de première année ?* ». *Qualitativement, comment les erreurs de transcodage diffèrent-elles entre les deux langues en fonction des caractéristiques lexicales et syntaxiques des nombres verbaux ?* ». Nous avons examiné l'écriture des nombres sous dictée et le transcodage des représentations analogiques (bloc dix et unité) en chiffres arabes. Les résultats ont montré que les enfants vietnamiens sont plus performants que les enfants francophones dans les deux tâches de transcodage. Les francophones font plus d'erreurs lexicales. Nous suggérons diverses explications pour ces différences inter-langues dans la performance de transcodage et la nature des erreurs, basées sur différents cadres théoriques de transcodage.

#### **Chapitre 6. Discussion générale**

Dans ce chapitre, nous discutons des deux sujets principaux de la thèse : les prédicteurs importants des compétences arithmétiques et l'effet de la langue sur le développement numérique. Ensuite, nous suggérons différentes perspectives pour approfondir ces sujets, quelques implications pratiques et des pistes de recherche appliquées cadrant avec le projet global (ARES-CDD).

**Chapitre 1**  
**Introduction**

---

## Introduction

---

### 3. Étude présente

#### 3.1 Objectifs et questions de recherche

Notre thèse poursuit deux objectifs.

Le premier objectif est de déceler à l'âge préscolaire les prédicteurs de la performance arithmétique future et de l'évolution arithmétique intra-individuelle. Nous nous intéresserons à répondre aux deux questions suivantes :

- (1) Parmi les capacités numériques de base des enfants d'âge préscolaire, quels sont les prédicteurs robustes des compétences arithmétiques ultérieures ?
- (2) Comment les prédicteurs numériques à l'âge préscolaire prédisent l'évolution arithmétique des enfants? L'évolution arithmétique signifie ici la croissance intra-individuelle des performances arithmétiques entre la maternelle, puis le début et la fin de la première année primaire.

Le second objectif est d'observer l'effet de la langue, en particulier, le degré de transparence à la base 10 de son système numérique verbal, sur le développement numérique de l'enfant. Dans ce thème, nous nous intéresserons à répondre aux deux questions suivantes :

- (1) Dans quelle mesure le système numérique verbal d'une langue a-t-il un impact sur le développement numérique des enfants d'âge préscolaire ?
- (2) La transparence de la base 10 du système numérique verbal a-t-elle un impact sur le développement du transcodage des enfants de première année ? Qualitativement, comment les erreurs de transcodage diffèrent-elles entre les deux langues en fonction des caractéristiques lexicales et syntaxiques des nombres verbaux oraux?

#### 3.2 Plan d'étude

Pour répondre à ces questions, nous avons mené une étude longitudinale pendant 2 ans sur 242 enfants vietnamiens de 4 à 6 ans et deux études interlinguistiques.

Pour l'étude longitudinale, nous avons considéré sept tâches numériques comme prédicteurs potentiels: le comptage, le comptage avancé, le dénombrement, la compréhension de la magnitude non symbolique (comparaison de collections), la connaissance de la valeur cardinale des mots-nombres (connaissance cardinale), la compréhension de la magnitude symbolique, l'addition approximative. Les capacités d'additions ont été mesurées en trois temps : à l'âge préscolaire (T1), au début de la première année du primaire (CP) (T2), et à la fin de cette première année (T3). Les capacités d'addition au T3 sont mesurées à la fois dans les aspects quantitatifs (exactitude, fluidité) et qualitatifs (stratégies).

Notre étude interlinguistique vise à réexaminer l'effet du système numérique verbal sur le développement numérique de l'enfant. Nous nous intéresserons plus précisément à la structure transparente des mots nombres du système numérique verbal (code oral).

La langue et la culture vietnamienne sont très diverses entre les minorités urbaines et ethniques. Cependant, nous ne nous intéresserons qu'au système des mots nombres dans la langue vietnamienne populaire du peuple Kinh qui est utilisé dans les grands villes du Vietnam. De la même manière, la Belgique est un pays multilingue et multiculturel avec trois communautés linguistique (la Wallonie francophone, la Flandre néerlandophone, la partie germanique parlant l'allemand), mais nous nous intéresserons uniquement au système numérique verbal de la Francophonie. Nous avons réalisé deux études comparatives entre les enfants monolingues parlant vietnamien et français, en contrôlant les autres facteurs démographiques, culturels et éducatifs.

Pour ces études inter-langues, 104 enfants vietnamiens ont été sélectionnés à l'âge préscolaire (parmi les 242 enfants testés au T1 dans l'étude longitudinale) et ont été comparés à 104 enfants belges francophones. Ensuite, nous avons recueilli les données de 68 autres enfants belges au début de la première année pour les comparer à 173 enfants vietnamiens (du T2 de l'étude longitudinale). Pour cette raison, certains participants et certaines sections de tâches sont similaires dans la première étude comparative avec l'étude longitudinale (aux chapitres 2-4), à l'exception de l'échantillon belge et des tâches utilisées la deuxième étude comparative sur le transcodage (chapitre 5).

### **3.3 Hypothèses**

#### **3.3.1 Hypothèse pour l'étude longitudinale**


Sur base de la littérature (Aunola et al., 2004 ; Bartelet et al., 2014 ; Chu et al., 2018 ; Locuciak & Jordan, 2008), nous nous attendions à constater que la plupart des capacités des nombres symboliques séquentiels et cardinales, telles que le comptage, le comptage avancé, donne-moi N et comparaison NVO, permettraient de prédire les compétences arithmétiques ultérieures. Nous nous attendions également à ce que la connaissance des principes cardinaux conceptuels (énumération) et la compréhension de la magnitude non symbolique (par comparaison de collections) aient une contribution moins importante. En outre, parmi les compétences symboliques et étant donné l'importance de l'élaboration de la séquence des mots nombres (Fuson et al., 1982 ; Nguyen et al., 2016 ; Secada et al., 1983), nous supposons que la maîtrise précoce du comptage avancé est un prédicteur robuste de la capacité arithmétique ultérieure, du choix de la stratégie et de la fluidité en calcul.

Le comptage et la compréhension de la magnitude symbolique sont les fondements de l'apprentissage de l'arithmétique (Fuson et al., 1982 ; Johansson, 2005 ; Siegler, 2016), nous nous attendions enfin à ce que le comptage avancé, la connaissance cardinale des mots nombres et la connaissance de la magnitude symbolique soient des prédicteurs importants de l'évolution arithmétique de l'enfant.

### **3.3.2 Hypothèses pour l'étude interlinguistique**

Nous aimerions examiner si la transparence du système numérique verbal vietnamien facilite l'acquisition de compétences de base en matière de comptage et d'autres capacités numériques symboliques plus avancées, telles que l'élaboration de la séquence des nombres (c'est-à-dire compter à partir d'un nombre/d'une borne), la connaissance cardinale des mots nombres (donne-moi N) et la compréhension de la magnitude symbolique (via la tâche de comparaison de nombres verbaux oraux). En outre, nous voudrions investiguer si ces avantages supposés des enfants asiatiques dans les tâches de traitement des nombres symboliques s'étendent également au traitement de la magnitude non symbolique. En conséquence, nous utiliserons une tâche de comparaison de collections et une tâche d'addition approximative. En outre, comme la différence entre les enfants élevés au Vietnam et les enfants francophones pourrait être liée à d'autres facteurs, des facteurs culturels par exemple, nous tenterons d'examiner aussi le rôle de l'expérience numérique à la maison dans le développement numérique des enfants d'âge préscolaire.

En nous basant sur l'avantage du système numérique verbal transparent pour les enfants asiatiques, nous avons émis l'hypothèse que les enfants vietnamiens obtiendraient de meilleurs résultats que les enfants francophones en ce qui concerne l'acquisition des séquences de comptage, le dénombrement et la simple addition. Pour l'instant, en raison d'un manque de preuves, la prédiction concernant certaines capacités symboliques (comme la comparaison des nombres verbaux oraux, l'élaboration de séquences de nombres (via une tâche de comptage avancé), et l'addition approximative) reste une question ouverte.

Nous avons proposé différentes prédictions basées sur différents modèles de transcodage (plus détaillées au chapitre 5). Sur la base du modèle de McCloskey (1985), qui suppose l'activation nécessaire d'une représentation sémantique du nombre en base 10 pour le processus de transcodage, on s'attendait à ce que les enfants vietnamiens obtiennent de meilleurs résultats que les enfants francophones dans la tâche de transcodage verbal-chiffres arabes (écrire des nombres sous dictée). Cependant, si l'entrée était similaire entre les deux groupes, par exemple, une représentation analogique (i.e., ) , aucune différence ne devrait se produire dans l'écriture des chiffres arabes correspondants. Cependant, comme un plus grand nombre de primitives lexicales de différentes classes doivent être traitées en français alors que seuls les mots unitaires sont considérés en vietnamien, le modèle de McCloskey prédirait également plus d'erreurs lexicales chez les enfants francophones que chez les enfants vietnamiens. Selon le modèle de Power et Dal Martello (1990), comme les nombres verbaux vietnamiens impliquent d'avantage de relations additives et multiplicatives que le français, nous nous attendions à observer d'avantage d'erreurs syntaxiques dans l'échantillon vietnamien que dans l'échantillon francophone. Une hypothèse similaire (erreur syntaxique plus élevée pour le vietnamien) a également été proposée sur la base du modèle ADAPT (Barrouilet et al., 2004) puisque, selon ce modèle, les enfants vietnamiens doivent traiter plus de règles de transcodage que les enfants francophones.

Le chapitre 2 adressera la première question soulevée et le chapitre 3, la seconde question de l'étude longitudinale. Les deux chapitres 4 et 5 vont détailler nos deux études comparatives et répondre aux questions posées au-dessus.



## Chapter 2

### Preschool numerical predictors of later arithmetic skills

#### A 2-year longitudinal study in Vietnamese children

---

The present study addresses the following question: Among preschoolers' basic numerical abilities, what are the robust predictors for the later arithmetic skills? We measured numerical abilities at preschool age and used dominance analysis to determine the dominant predictor for arithmetic outcome two years later. We tested seven numerical specific predictors (counting, advanced counting, enumeration, Give-N, collection comparison, number-word comparison, and approximate addition). Both quantitative and qualitative aspects (accuracy, strategy choice, and fluency) of arithmetical skills were measured. The results show that the predictor weights for arithmetic skills were 33% (counting), 32% (advanced counting), 19% (Give-N), and 16% (collection comparison). We concluded that counting ability and especially advanced counting measured in early preschool is the most robust predictor of arithmetic skills two years later (even after controlling for global cognitive abilities). More globally, both sequential abilities (counting and advanced counting), cardinal knowledge (Give-N but not cardinal principle knowledge tested by how many tasks), and nonsymbolic ability (collection comparison) were the best set of predictors for later arithmetic skills. This study generalized the previous findings found for Western children to Vietnamese preschoolers ( $N = 157$ ,  $Mage = 4.8$ ); extended and highlighted the role of advanced counting (count from a number different than one) to later arithmetic ability, mature strategy, and calculation fluency and suggested further implications.

#### Reference

Article revised *Journal of Experimental Child Psychology*.



## Chapter 3

### **Numerical predictors of children's evolution in arithmetic from preschool to end of first grade**

---

Our main question in this chapter is “*How do preschool numerical-specific abilities predict children's arithmetic growth?*”. Arithmetic growth here means the intra-individual evolution in arithmetic performance through three time-points: preschool, beginning, and end of first grade. We run the Generalized Linear Mixed Models with a Binary logistic regression to predict the arithmetic growth. We found that the testing time-point significantly interacted with the counting, the enumeration, the number-word comparison, the approximate addition, and the digit span, indicating that inter-individual variance on these abilities predicts the difference in arithmetic growth.



## Chapter 4

### Transparent number-naming system gives only limited advantage for preschooler's numerical development

Several cross-sectional studies have suggested that the transparency of the number-naming system of East Asian languages (Chinese, Japanese) facilitates children's numerical development. The Vietnamese number-naming system also makes the base-10 system very explicit (eleven is "mười một," literally "ten-one," and thirty is "ba mươi," literally "three-ten"). In contrast, Western languages (English, French) include teen words (eleven to sixteen) and ten words (twenty to ninety) that make their counting systems less transparent. The main question addressed in this paper is: To what extent does a language's number-naming system impact preschoolers' numerical development? Our study participants comprised 104 Vietnamese and 104 French-speaking Belgian children between 3½ and 5½ years of age, as well as their parents. We tested the children on eight numerical tasks (counting, advanced counting, enumeration, Give-N, number-word comparison, collection comparison, addition, and approximate addition) and some general cognitive abilities (reasoning ability and phonological loop by letter span). The parents completed a questionnaire on the frequency with which they stimulated their child's numeracy and literacy at home. The results indicated that Vietnamese children outperformed Belgian children only in counting. However, neither group differed in other symbolic or non-symbolic abilities, although Vietnamese parents tended to stimulate their child at home slightly more than Belgian parents. We concluded that the Vietnamese number-naming system's transparency led to faster acquisition of basic counting for preschoolers but did not support other more advanced numerical skills or non-symbolic numerical abilities. In addition, we extended the evidence that both transparent number-naming systems and home numeracy influence young children's counting development.

#### Reference

Lê, M.T., & Noël, M. (2020). Transparent number-naming system gives only limited advantage for preschooler's numerical development: Comparisons of vietnamese and french-speaking children. *PLoS One*, 15(12), e0243472-  
e0243472.2. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243472>



# Transparent number-naming system gives only limited advantage for preschooler's numerical development

---

## 1. Introduction

Cross-national studies have shown better mathematics performance in schoolchildren from Asian countries, such as Singapore, China, Hong Kong, Taiwan, Japan, South Korea, and Vietnam (OECD, 2014). Previous studies have tested children from East Asia, mostly from China (Aunio, Aubrey, Godfrey, Pan, & Liu, 2008; Geary, Bow-Thomas, Fan, & Siegler, 1993; Lonnemann, Ki, Zhao, Linkersdörfer, Lindberd, Haselhorn, & Yan, 2019; Miller, Smith, Zhu, & Zhang, 1995; Rodic, Zhou, Tikhomirova, Wei, Malykh, & Ismatulina, 2015; Wang & Lin, 2009) and more rarely, Taiwan, Korea, or Japan (Paik, Gelderen, Gonzales, Jong, & Hayes, 2011; Paik, 2000). They found that Chinese children tend to outperform Western children in terms of different numerical abilities at preschool age (see Wang & Lin, 2009, for a review) such as counting (Aunio et al., 2008; Miller et al., 1995; Rodic et al., 2015), counting large sets of objects (Lonnemann et al., 2019; Miller et al., 1995), calculation (Geary et al., 1993), and non-symbolic comparison (Lonnemann et al., 2019). However, Chinese culture and education are quite different from their Western counterparts in many ways (see Ng & Rao, 2010; Berch, Geary, & Koepke, 2018, for a review). Thus, the differences observed between Asian and Western children are possibly due to the differences in the number-naming systems of their respective languages, the learning of number concepts at school (Stigler, Lee, Lucker, & Stevenson, 1982) and home education differences (Huang, Zhang, Liu, Yang, & Song, 2017; Huntsinger, Jose, Liaw, & Ching, 1997; Pan, Gauvain, Liu, & Cheng, 2006).

This introduction begins with a brief overview of young children's numerical development. We summarize the findings regarding how this development is affected by language and home numeracy differences and report the research that has tried to disentangle these two effects. Finally, we present our outcomes.

### 1.1 Overview of numerical development

At birth, babies already show an ability to roughly perceive the numerical magnitude of a set of items due to their approximate number system (ANS) (Dehaene & Changeux, 1993). This inherited, non-symbolic magnitude system entails subitizing and approximation abilities. For instance, a child estimates and discriminates large quantities quickly and intuitively without counting (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004). Later, children move on to learning how to count and progressively master counting strings (Fuson, Richards, & Briars, 1982). More advanced counting skills develop in parallel, such as reciting a number sequence from a number other than one (Gelman & Gallistel, 1978). At first, children recite a counting sequence without knowing its meaning. Progressively, they use a counting

sequence while pointing at each object of a set (i.e., procedural knowledge of enumeration) and progressively grasp that the last number word counted refers to the cardinal of the set (i.e., the cardinal principle, Gelman & Gallistel, 1978; Wynn, 1990). Later, children can perform the “Give-*N*” objects task, showing that they understand the cardinal meaning of the number “*N*” (i.e., conceptual knowledge of cardinality) (Wynn, 1992). Wynn showed that the acquisition of number words’ cardinal meaning does not coincide with the abilities of sequence counting or enumerating objects (Wynn, 1992). For example, in one study, many 3-year-olds who were able to count to “five” failed when requested to give a set of five objects. Once children figure out the cardinal principle for smaller numbers (up to three or four), they generalize this principle to the rest of their counting list (Wynn, 1990, 1992). Understanding the cardinal meaning of number words serves as the basis for the magnitude comparison of number words and, later on, of Arabic numbers. Moreover, children with no training in formal arithmetic can approximate addition and subtraction (Barth, La Mont, Lipton, & Spelke, 2005). They can estimate the sum of two Arabic numbers and compare it to a third number, independent of the knowledge of exact numbers and arithmetic instruction (Gilmore, McCarthy, & Spelke, 2007).

## **1.2 Effect of language on the numerical development of preschoolers**

Numerical development is influenced by different language characteristics related to the numerical lexicon (i.e., the regularity and transparency of number-naming systems), numerical morphology, or phonological and syntactic properties of language (Dowker & Nuerk, 2015). The effect of the transparency of the number-naming system has been the subject of many studies. Dowker, Bala, and Lloyd (2008) defined “*the regularity (i.e., transparency) of the spoken number system by the degree to which it gives a clear and consistent representation of the base system (usually base 10) used in the language and the consistency of conformity between the spoken and the written number system (usually the Arabic number system)*” (p. 525). According to both of the above criteria, East Asian languages, such as Chinese, Japanese, and Korean, have very regular number-naming systems (e.g., 11 literally means “ten-one”). On the other hand, irregular number-naming systems, such as those of English or French, include number-naming words that do not show a one-to-one correspondence with the Arabic written system. For instance, they have teen and decade number words (e.g., “thirteen” and “twenty”) that need to be learned separately.

In a classic study, Miller et al. (1995) showed that 4- to 5-year-old Chinese children could generally count up to 40, while American children of the same age could barely get to 15, and it takes them another year to reach 40. Interestingly, there were no differences in counting performance to 10, but fewer American children than Chinese children could count to 20. Another study (Aunio et al., 2008) assessed two counting skills, counting up to 20 and counting from 9 to 15, and found that 5-year-old Chinese children had better counting skills than British and Finnish children. Furthermore, 6-year-old Chinese children were better at simple addition than their American peers (Geary et al., 1993).

The majority of studies are concerned with the impact of the number-naming system on symbolic numerical ability (i.e., counting, enumeration, addition), but few studies have examined the effects of language on non-symbolic abilities. On average, adults in math-literate societies have slightly higher ANS acuity than adults from cultures that do not use systematic count lists, such as the Mundurucus (i.e., an Amazonian ethnic group with a very small lexicon of number words) (Pica, Lemer, Izard, & Dehaene, 2004). Interestingly, some Mundurucus have gone to school. Piazza, Pica, Izard and Spelke (2013) found that when they entered school and learned to count in Portuguese (a language with a repetitive, straightforward counting list from 1 to 19), their ANS acuity improved.

Based on these results, some authors have hypothesized that a transparent number-naming system (e.g., “ten-one” for 11), which may enhance Chinese children’s learning of symbolic numbers (Miller, Kelly, & Zhou, 2005), could also boost children’s processing of non-symbolic numbers (Rodic et al., 2015; Lonnemann et al., 2019; Dowker & Roberts, 2015). Accordingly, previous studies have showed that Chinese children (5- to 7-year-olds and 4- to 6-year-olds) tend to perform moderately better on a non-symbolic numerical task than British and German children, respectively (Rodic et al., 2015; Lonnemann et al., 2019). Similarly, Dowker and Roberts (2015) demonstrated that Welsh children (in grade 2) who speak a language with the same number-word structure transparency as Asian languages performed better on non-verbal line estimations than their English peers.

Interestingly, regarding the understanding of number words’ cardinal meaning, tested using the Give-N task, Asian children are delayed compared to Western children (Sarnecka, Kamenskaya, Yamana, Ogura, & Yudovina, 2007). For instance, 2- to 3-year-old Japanese and 2- to 4-year-old Chinese children lagged behind their English- and Russian-speaking peers in their understanding of the cardinal value of the number words “one”, “two”, and “three” (Sarnecka et al., 2007). Similarly, Le Corre, Li, Huang, Jia, and Carey (2016) found that Chinese children aged between 2 and 3½ who speak Mandarin learned the meaning of the number word “one” three to six months later than English learners. These findings have been interpreted as the effect of the language’s numerical morphology (i.e., singular/plural marking in a Western language such as English or Russian, but not in Asian languages such as Japanese or Mandarin) (Sarnecka et al., 2007; Le Corre et al., 2016). This research shows that languages that distinguish between singular and plural support the understanding of number-word cardinal meaning (at least of the first number “one”).

### **1.3 Home numeracy and preschoolers’ numerical performance**

In addition to the difference in the degree of transparency of the number-naming system, other factors could account for the cross-cultural differences between Asian and Western children, such as differences in schooling, overall exposure to mathematics (Berch et al., 2018; Ng & Rao, 2010; Stigler et al., 1982), or parent-child stimulation at home (Huang et al., 2017; Huntsinger et al., 1997; Pan et al., 2006). Children in East Asian countries receive more numeracy practice and instruction than children in Europe and North America (Stigler et al., 1982). Notably, the frequency of parent-child numeracy activities is significantly

related to young children's mathematical ability (LeFevre et al., 2009; LeFevre, Polyzoi, Skwarchuk, Fast, & Sowinski, 2010; see also Blevins-Knabe, 2016, for a review). LeFevre, Clarke, and Stringer (2002) assessed 27 French- and 38 English-speaking preschoolers' numeracy skills. They found that parent-child numeracy frequency was directly related to both groups' counting abilities.

Skwarchuk, Sowinski, and LeFevre (2014) distinguished between formal and informal numeracy activities. They defined formal numeracy activities as "*shared experiences in which parents teach directly and intentionally to their children the numbers, quantity or arithmetic to improve numeracy knowledge*" and informal numeracy activities as "*shared activities where teaching about numbers, quantity or arithmetic is not the goal of the activity but can happen incidentally*" (p. 65). Informal numeracy activities include board games or seller's games. According to the literature, Chinese-American and Taiwanese-Chinese parents tend to offer more formal mathematics instruction at home, structure their children's time to a greater extent, and engage children in mathematics-related activities at earlier ages (Huntsinger et al., 1997). European-American parents focus on building conceptual knowledge using informal, incidental methods rather than emphasizing skill practice (Ng & Rao, 2010). Chinese mothers teach their 5- to 7-year-old children more computation than American mothers (Pan et al., 2006).

Additionally, Skwarchuk, Sowinski, and LeFevre (2014) found that formal home numeracy practices (e.g., practicing simple sums) predicted children's knowledge of symbolic number systems. By contrast, reports on informal exposure to games with numerical content (measured indirectly through parents' understanding of children's games) predicted children's non-symbolic arithmetic. Studies of Asian parents have shown that Chinese mothers' participation in number skill activities and fathers' involvement in number games and application activities significantly predicted their children's mathematical performance (Huang et al., 2017). Similarly, Chinese-American parents' more frequent and diverse numeracy activities were associated with their children performing better on numeracy tasks than their European-American peers (Huntsinger et al., 1997).

Numeracy-related experiences and language have often been studied separately as a potential explicator of cross-national variation in early numeracy. However, the effects of language and experience are often closely connected (Okamoto, 2018). In many cases, research designs have not entirely disentangled the effects of language and home experiences. Accordingly, existing cross-national studies have predominantly focused on comparing language (e.g., English and Chinese) (Millet et al., 1995) or parents' practices (e.g., American and Chinese parental involvement) (Pan et al., 2006). Only rarely have researchers explored multiple factors simultaneously or attempted to control or match groups on some variables (Blevins-Knabe, 2016, for a review); for example, the role of the number naming system and parents' influence simultaneously (Cankaya, LeFevre, & Dunbar, 2014).

## 1.4 Present study

The present study aims to examine the impact of language (i.e., more specifically, the degree of base-10 transparency of the number-naming system) on preschoolers' numerical development.

Most previous studies focused on cross-national differences between children from East Asia (China, Korea, and Japan) and Western Europe (the UK and France). However, these two samples differ regarding the number-naming system structure and children's mathematical teaching and home numeracy stimulation. To differentiate between global cultural differences and specific linguistic effects, we chose to use another Asian country, Vietnam (a former French colony), and compare it with Belgium's French-speaking region. Vietnam's rapid economic growth in the past 30 years has transformed it from one of the world's poorest countries to a middle-income country (World Bank, 2013). Moreover, Vietnamese society now has more access to Western cultures and beliefs (Kim, Ahn, & Lam, 2009) and is now more open to individualistic values (Różycka-Tran, Ha, Ciecuch, & Schwartz, 2017). Additionally, as the difference between children raised in Vietnam and Belgium might be related to other factors, we also examined the role of home numeracy experience in preschoolers' numerical development.

Vietnamese has a very regular, transparent base-10 number-naming system, whereas French does not. For instance, in Vietnamese, 11 is *mười một* ("ten-one"), 12 is *mười hai* ("ten-two"), 20 is *hai mươi* ("two-ten") 30 is *ba mươi* ("three-ten"), and 59 is *năm mươi chín* ("five-ten-nine"). The French number-naming system in Belgium is less transparent and less regular (Seron & Fayol, 1994); it includes ten words (11 to 16) and ten words (20, 30, etc., up to 90) that make the counting system less transparent than the base-10 structure. Furthermore, like Mandarin or Japanese, Vietnamese does not have a singular/plural distinction (see Katamba & Stonham, 2006; Tang, 2007; for a review), whereas this distinction is obligatory in French.

Most previous studies have tested basic counting in young children, but only a few tested advanced counting. Symbolic number comparison has only been assessed using Arabic numbers (Rodic et al., 2015), while to the best of our knowledge, no study has investigated the magnitude comparison of spoken number words. In this study, we tested whether the transparency of the Vietnamese number-naming system facilitates the acquisition of basic counting and of other more advanced symbolic numerical abilities, such as the elaboration of number sequences (i.e., counting from a number; see Aunio et al., 2008) and the enumeration of object sets (e.g., Miller et al., 1995; Lonnemann et al., 2019). We also used two tasks testing children's conceptual understanding of the number words' magnitude: the Give-N task and the number-word comparison task. A simple addition task was also included, as a difference in favor of Asian children has been identified previously (Geary et al., 1993; Rodic et al., 2015). Furthermore, we wanted to examine whether these possible advantages of Asian children in symbolic number-processing tasks also extend to tasks that do not involve number words but simply tap into the magnitude processing of collections. Accordingly, we included a collection comparison task and an approximate addition task.

Based on the advantage of Asian languages' number systems for Asian children (Aunio et al., 2008; Geary et al., 1993; Lonnemann et al., 2019; Miller et al., 1995; Paik et al., 2011; Rodic et al., 2015), we hypothesized that Vietnamese preschoolers would perform better on acquiring counting sequences, enumeration, and simple addition than their Belgian peers. For counting ability, we did not expect differences for numbers up to 10, but for larger numbers when number word structures differ. However, based on the lack of the singular/plural distinction in Vietnamese (Le Corre et al., 2016; Sarnecka et al., 2007), we expected that Vietnamese children's understanding of number words' cardinal value would be less than that of Belgian children. For now, due to a lack of evidence, the prediction regarding some symbolic abilities (i.e., verbal number comparisons, the elaboration of number sequences, and approximate addition) remains an open question. In terms of non-symbolic abilities, we could expect, based on previous studies (Lonnemann et al., 2019; Rodic et al., 2015), that Vietnamese children may have a slightly better ANS acuity than Belgian children. Furthermore, based on previous studies (Lefevre et al., 2002; Okamoto et al., 2018), we assumed that cross-cultural differences in home numeracy would also contribute to the differences between the two samples in the numerical tasks.

To test these hypotheses, we selected two samples of typical preschool children from Vietnam and Belgium. We chose children of preschool age to minimize school influences. We tested the children on their numerical abilities (counting, counting from a number, enumeration, the Give-N task, number-word comparison, collection comparison, addition, and approximate addition) and general cognitive ability (IQ and phonological loop). The parents completed a questionnaire on the frequency of numeracy and literacy activities at home with their child.

## **2. Methods**

Ethics approval for this study was obtained from the Ethics Committee of Psychological Sciences Research Institute of the Catholic University of Louvain. Approval number: Projet2017-05. All children's parents were given written consent. The sample consisted of children whose parents consented to their children's participation.

### **2.1 Participants**

Children were recruited from six nursery kindergartens in Vietnam and four kindergartens in the French-speaking part of Belgium. To further minimize the cultural differences between the children from Belgium and the children from Vietnam, we selected our Vietnamese sample in Ho Chi Minh City (formerly known as Saigon) and Binh Duong, two developed cities in southern Vietnam. In Belgium, we chose French-speaking cities with an average socioeconomic level (Ottignies, Namur, and Charleroi).

The children came from middle-class socioeconomic backgrounds, and they were all monolingual Vietnamese speakers (VN) or Belgian French speakers (BEL). Three exclusion criteria were used: first, the children's information provided by the parents should not mention any neurodevelopmental disorders (e.g., autism) or developmental delays (4 VN &

10 BEL were excluded on this basis); second, the reasoning score of the participants aged 4 years and older should not be below two SD from the mean (9 VN & 4 BEL were excluded on this basis); third, children who take extra mathematics courses outside of school were excluded from the study ( $n = 23$  VN). From a more extensive sample used in a longitudinal study of Vietnamese children ( $N = 310$ ) and Belgian children ( $N = 151$ ), we selected two groups of children that were as similar as possible in terms of gender, age, reasoning abilities, and parents' education level in the two countries.

The demographic data of the samples are shown in Table 1. The final sample was composed of 104 Vietnamese ( $M = 54.8$  months,  $SD = 6.39$ ; 54 girls and 50 boys) and 104 Belgian children ( $M = 55.3$  months,  $SD = 6.98$ ; 54 girls and 50 boys), ages between 42 and 66 months. The parents reported their highest education level. This information was then encoded into the number of schooling years because it differed slightly between Vietnam and Belgium (see Table 1). For instance, primary education is five years in Vietnam but six years in Belgium; moreover, the secondary education level in Vietnam includes seven years, while in Belgium, it is six years. University in Vietnam is for four years and independent of a master's degree (2 years), while in Belgium, university degrees are usually five years: a bachelor's degree (3 years) and a master's degree (2 years). For instance, for a parent who has completed primary and secondary education, the number of years of schooling is 12 in Belgium (6+6) and in Vietnam (5+7).

Table 1. Distribution of the samples according to the education systems in Vietnam and Belgium

Vietnamese Education System				Belgian Education System			
Education Level	<i>N</i> Years	<i>N</i> Mother	<i>N</i> Father	Education Level	<i>N</i> Years	<i>N</i> Mother	<i>N</i> Father
1. Primary	5			I. Primary	6		1
2. Lower secondary	9	2	1	II. Secondary	12	19	29
3. Upper secondary	12	10	10	III. Superior	15	43	27
4. Professional training	14	13	11	IV. University (bachelor's and master's)	17	39	43
5. College	15	9	6	V. Doctor of Philosophy	21	3	4
6. University	16	65	67				
7. Master's	18	5	8				
8. Doctor of Philosophy	22		1				

Only a few Vietnamese parents had completed only primary and secondary education or professional training (25 mothers and 22 fathers), and a few Belgian parents had completed primary and secondary education (19 mothers and 30 fathers). Most parents had received a university (or higher) education (79 VN and 85 BEL mothers, 82 VN, and 74 BEL fathers). We were thus working with well-educated populations in both countries.

We introduced years of schooling for mothers and fathers in univariate ANOVAs by nationality (two levels: Vietnam and Belgium) as a between-subjects factor. There was no significant difference between the two samples in terms of the number of years of schooling, either for the mothers [ $F(1, 206) = 0.318$ ,  $p = 0.318$ ,  $\eta^2 = 0.002$ ,  $M = 15.24$ ,  $SD = 1.65$  vs.  $M = 15.38$ ,  $SD = 2.02$ ] or for the fathers [ $F(1, 206) = 1.85$ ,  $p = 0.285$ ,  $\eta^2 = 0.006$ ,  $M = 15.45$ ,  $SD = 1.65$  vs.  $M = 15.13$ ,  $SD = 2.52$ ]. Both mothers and fathers in each sample had an average

of 15 years of schooling, which is equivalent to a college education (in Vietnam) or superior education (in Belgium).

## **2.2 Tasks**

Tasks included three categories: general cognitive tasks, numerical tasks, and parental home activity questionnaire.

### **2.2.1 General cognitive tasks**

**1. Matrix reasoning task (WPPSI IV).** All participants aged 4 and older were administered the Matrix Reasoning Task from the Wechsler intelligence scales for children (Wechsler, 2012) to assess their intellectual ability (the test is not suitable for younger children). Matrix reasoning is a non-verbal intelligence subtest. From visually presented response options, the child selects the one that best completes a matrix.

**2. Letter repetition.** Phonological loop capacity was measured by using a letter repetition task. Children listened to a series of one-syllable letter names recorded on the computer at the rate of one per second and were then asked to repeat them in the same order. The child's repetition was recorded for more accurate scoring. Only twelve letters with the same pronunciation in Vietnamese and French were chosen (i.e., B, C, G, K, L, M, N, P, R, S, T, V). A series of two letters were presented to begin the task, and the length of the series then progressively increased by one letter. Stimuli varied in length from one letter (e.g., K) up to five letters (e.g., P L G R V). Three items were built for each length, making a total of 15 items. After two failed trials of a given length, the task was stopped. The dependent variable corresponded to the higher length for which at least two trials were correctly repeated, plus .5 if one trial of the next length series was successful.

### **2.2.2 Numerical tasks**

**1. Counting:** This task was used to assess mastery of the counting sequence. The child was asked to count out loud as far as possible and was stopped when he/she reached 50. If required, a prompt (1, 2...) was given. If the child counts to 10 or makes an error in the counting sequence, the experimenter proposed a second trial. The score was the largest number without errors the child reached after two trials. The higher number words counted was used as the dependent variable.

**2. Counting on from a number (Advanced counting):** This task aims to assess the advanced level of counting – the elaboration of the counting sequence (e.g., Fuson et al., 1982). Children were asked to “*count from N*” ( $N = 3, 5, 7, 13, 11, 12$ ). If, for a trial (e.g., count from 2), the child did not start, the experimenter gave an example: “*I count from two, that is two, three, four, five, six.*” The trial was successful if the child counted from the number required (and did not recite the previous number words or start from “one”) and produced the next four numbers in the correct order. The task was stopped after three successive trial failures. The score was the total number of correct responses (CRs).

**3. Enumeration:** This task assessed the object counting skill and the cardinal principle of counting, i.e., that the last number words counted to represent the cardinal of the set (see Gelman & Gallistel, 1978, for details). A booklet showing a set of animals ( $N = 4, 6, 9, 10, 12, 15, 16, 17$ ) arranged linearly and printed in color on 9 cm x 2.5 cm cards were placed in front of each child. They were invited to enumerate each set and then answer the question: “*How many animals are there?*” If they enumerated correctly and responded to the “*how many?*” question with the last number words, the trial was considered successful, and the response coded 1. If they recounted or responded to the question by a number words different than the last one, the trial was considered incorrect, and these answers were coded 0. The total number of CRs were used as the dependent variable.

**4. Give-N (Cardinal knowledge):** This task was modeled on the one used by Negen and Sarnecka (Negen & Sarnecka, 2015) to assess children’s understanding of cardinal knowledge (i.e., the cardinal meaning of number words, see Wynn, 1992). The experimenter placed a small bowl filled with plastic toys on a table in front of each child. They were asked to give the rabbit precisely 1, 2, 3, 4, 5, or 6 carrots from the bowl. “*Could you take one carrot out of the bowl and put it on the table for the rabbit?*” If a child did not react, the experimenter provided an illustrated demonstration. Children began at set size one and advanced to the next set size after a correct response but went down one set size after an incorrect response. The task stopped when a child made two mistakes on the same number or arrived at the larger number (i.e., give 6). This rule was applied when children were unsuccessful at any number (whether small or large). The child’s knower-level corresponds to the highest number they reliably could give. For example, children who succeeded in “give one” and “give two” but failed at “give three” had a knower-level of two and were called *two-knower*. Children who had correctly handle the Give-N task for a number equal to five or above were called Cardinal Principle-knower (i.e., CP-knower). Children were thus classified as one-knower, two-knower, three-knower, four-knower, and CP-knower.

**5. Number-word comparison (NW-Comparison):** In this computerized task, developed by Honoré and Noël (2016), children were asked to help Scrat have plenty of nuts by telling him which of two number words, given orally, is the largest. Stimuli were of two distances (close: distance of 1 and far: distance of 3) and two sizes (small: 1–9 and large: 11–19). There were 24 trials in total: 6 trials in each of the conditions (close distance - small size: 2–3, 5–6, 8–9, 8–7, 5–4, 5–3; far distance - small size: 2–5, 4–7, 6–9, 9–6, 8–5, 7–4; close distance - large size: 10–11, 13–14, 16–17, 18–17, 16–15, 19–18; and far distance - large size: 11–14, 15–18, 16–19, 19–16, 17–14, 18–15). All trials were presented in a fixed random order, according to four criteria: maximum three consecutive same-answer items, maximum two successive same-condition items, no following items of identical pair, and the first two items corresponded to far-small pairs. The total number of CRs was used as the dependent variable.

**6. Collection comparison:** This task was developed by Rousselle, Dembour, and Noël (2013) and adapted by Honoré and Noël (2016). It aims to determine the child’s approximate number sense (ANS) acuity. In this computerized test, participants were asked to help Dora find the most puzzle pieces. Children were presented with two boxes containing pieces of a puzzle (of various sizes) and asked to select the box containing the larger set of puzzle pieces.

First, a fixation cross appeared in each box; once the child was attentive, the experimenter pressed the space bar, and the two collections were simultaneously displayed on both sides of the screen. To prevent children from counting, the collections disappeared after 2000 ms. The fixation cross appeared again with a question mark until the child answered. The perceptual variables were controlled to prevent children from relying on non-numerical parameters (see Piazza & Izard, 2009 for details). First, the external perimeter was equated for all collections. Second, both collections of a pair had the same smallest and the same largest puzzle piece. Finally, congruent and incongruent trials were built (half of each). In the congruent trials, the larger collection in number also had the larger density and the larger cumulative area of the puzzle pieces, whereas, in the incongruent trials, the larger collection in number had the smaller density and the smaller cumulative area of the puzzle pieces. The number of puzzle pieces varied from 5 to 18, i.e., above the subitizing range (1–4), which represents the number of items for which humans are able to make fast and error-free estimations and which does not rely on analog numerical representation, hence is not related to the ANS (see Cankaya, LeFevre, & Dunbar, 2014, for a review). Six practice pairs of sets differing by a ratio of 1:3 familiarized children with the task. The test trials were pairs of sets differing by ratios of 1:2, 2:3, 3:4, 4:5, 5:6, 6:7, and 7:8. There were two pairs per ratio (7–14 and 8–16; 6–9 and 10–15; 6–8 and 12–16; 8–10 and 12–15; 5–6 and 10–12; 6–7 and 12–14; 7–8 and 14–16), and each pair was presented four times, varying according to the presentation order (smaller set on the left or the right side) and the condition (congruent or incongruent), resulting in 56 items. Items were presented in a fixed random order, respecting five criteria: maximum three consecutive same-answer items, maximum three consecutive same-condition items, maximum two consecutive same-ratio items, no consecutive items of identical pair, and the first two pairs were 1:2-ratio items. The total number of CRs was calculated and used as the dependent variable.

**7. Addition:** This task was similar to the one used by Noël (2009). A series of 14 additions that sum to 10 or less was given to each child: four ties ( $2 + 2$ ,  $3 + 3$ ,  $4 + 4$ ,  $5 + 5$ ) and ten additions presented with the smaller addend first ( $1 + 3$ ,  $3 + 4$ ,  $2 + 3$ ,  $3 + 5$ ,  $1 + 4$ ,  $2 + 5$ ,  $2 + 4$ ,  $1 + 5$ ,  $4 + 5$ ,  $1 + 6$ ) to allow a distinction to be made between the counting-on and the counting-min strategies. For each item, the child had a drawing of a collection of items (apples) representing the first operand, and tokens (10) and plastic apples (10) were at his or her disposal. The problem was presented orally (e.g., “*Look, here Snow White has three apples; if the dwarfs give her four more, how many apples will she have?*”). If the child failed three successive trials, the task was stopped; otherwise, the task was continued up to the last item. The total number of CRs was used as the dependent variable.

**8. Approximate addition:** To evaluate the children’s ability to estimate the result of large non-symbolic additions, we used the task developed by Gilmore et al. (2007). The children were invited to play a computer game. In this task, the quantities were represented using Arabic digits. Two characters appeared on the left and right sides of the screen, respectively. During practice trials, the experimenter explained the problem to the children: “*Babar has four candies*” (pointing at the bag displaying the Arabic number four). “*He gets six more*” (as a second bag displaying the Arabic number six appeared). Finally, a second character

appeared on the right side of the screen with a bag showing an Arabic numeral (number six), and the experimenter said, “*Celeste has six candies. Who has more?*”. The answer box was used with two sides: the left side corresponded to Babar, the right to Celeste. If Babar (Celeste) has more candies than Celeste (Babar), the child should press on the left (right). This task entailed two practice and 16 test trials. The 16 test trials corresponded to four additions (5+4, 7+5, 4+6, 6+5), corresponding to Babar’s candies, associated with four other numbers, two smaller and two larger, representing Celeste’s candies (5+4 and 6, 7, 11, 13; 7+5 and 8, 10, 15, 18; 4+6 and 7, 8, 12, 15; 6+5 and 8, 9, 14, 16). Items were presented in a fixed random order, respecting four criteria: maximum two consecutive same-ratio items; maximum two successive trials with the same answer; different additions for two consecutive trials; different numbers for Celeste’s candies for two consecutive trials. The ratio between the sum (Babar’s candies) and the last set (Celeste’s candies) was 4/5 (e.g., 5+4/11) in half of the trials and 2/3 (i.e., 4+6/15) in the others. The total number of CRs was used as the dependent variable.

### 2.2.3 Parental home activity questionnaire

The parent questionnaire designed by Skwarchuk, Sowinski, and LeFevre (2014) assesses home numeracy practices (13 items, e.g., counting, simple sums, printed number recognition) and home literacy practices (11 items, e.g., word reading, written word recognition, sing/recite the alphabet). The parents (father or mother) answered by circling the corresponding frequency of each activity based on a Likert scale ranging from 0 (Never), 1 (Rarely), 2 (Sometimes), 3 (Often or once per week) to 4 (Very often or once per day). The mean frequency of home numeracy and home literacy practices was used as the dependent variable. The mean frequency of formal and informal activities were also analyzed.

## 2.3 Procedure

The children were tested individually in a quiet room at their schools in two sessions of approximately 25 minutes for children who were 3<sup>1/2</sup> and 45 minutes for children who were 4 years and older. The tasks were ordered, alternating between verbal and computerized tests, with a maximum of six tasks in a session.

The first session included counting, counting on from a number, enumeration, collection comparison, Give-N, and number-word comparison task. The second session included the matrix reasoning task (WPPSI), approximate addition, letter repetition, and addition.

Computerized tasks (collection comparison, approximate addition, and number-word comparison) were developed using E-prime experimental software (Version 2.0, Psychology Software Tools, Inc., Pittsburgh) and used a PC with a response box (left and right touch).

Children aged 3½ (N = 37; 17 VN, 20 BEL) completed seven tasks (exclusion: matrix, approximate addition task, addition) while children who were 4 years and older (N = 171; 87 VN, 84 BEL) completed all ten tasks. The parents were invited to complete a questionnaire about their child (when he/she started school, whether he/she has any developmental delay or diagnosed disorder) and a questionnaire about home numeracy and literacy practices and

their highest education level. Measures employed were translated from the French version into Vietnamese by the first author and a Vietnamese doctor in psychology and then piloted on 40 Vietnamese and Belgian children. The official collection of data was carried out in April and May in Vietnam and October and November in Belgium.

### **3. Results**

#### **3.1 Analyses**

The data were analyzed in four sections. In the first one, non-verbal intelligence and PL capacities across groups were compared. Non-verbal intelligence (matrix reasoning task) measured only in children aged 4 years and older was analyzed using a one-way ANOVA by nationality (two levels: Vietnam and Belgium) as a between-subjects factor. PL was introduced in an ANCOVA by nationality as a between-subjects factor and age (expressed in months) as a covariate.

In the second section, children's numerical performance was compared between the two countries using MANCOVA with age as the covariate. The first MANCOVA was run on the six numerical tasks that were presented to all children (i.e., counting, advanced counting, enumeration, Give-N, collection comparison, and number-word comparison). The second one was run on the performance of the two tasks that were administered only to children aged 4 years and older (i.e., the addition and approximate addition tasks). Further, we performed Bayesian analyses to compare the numerical performance of the Belgian and Vietnamese children. Gender was excluded from the analyses for two reasons. The first reason is based on the finding of a recent study which showed gender equality in the numerical competencies of 4- to 5-year-old preschoolers (Bakker, Torbeyns, Wijins, Verschaffel, & De Smedt, 2018). The second is based on our data's pilot analyses, which suggest no significant effects of gender and no interaction effect of gender x nationality (all  $ps > .05$ ). We were unable to introduce the tasks' difficulty level (i.e., the ratio for collection comparison and approximate addition, size for enumeration, and number-word comparison) in the MANCOVA. However, previous analyses run separately on each task indicated that this did not substantially change the results. Finally, a repeated measures ANCOVA was conducted to compare home activity frequency (numeracy and literacy) based on country and age (the covariate). Moderation analyses were used to investigate nationality's effect on the correlation between numerical abilities and home numeracy. Additionally, regression was carried to analyze the relationship between the children's counting ability and other factors such as nationality, age, and home numeracy.

#### **3.2 General cognitive ability**

Non-verbal intelligence was tested on 171 children (only those aged 4 years and older). Standard scores were similar in the Vietnamese ( $M = 9.65$ ,  $SD = 2.87$ ) and Belgian groups ( $M = 9.27$ ,  $SD = 2.55$ ),  $F(1, 169) = 0.73$ ,  $p = 0.395$ ,  $\eta^2 = 0.004$ . The PL capacity was measured on all the 208 children. The ANCOVA (with age as a covariate) showed that PL capacity

increased with age,  $F(1, 205) = 14.14$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.065$  but it was similar between Vietnamese ( $M = 2.63$ ,  $SD = 0.60$ ) and Belgian children ( $M = 2.83$ ,  $SD = 0.96$ ),  $F(1, 205) = 2.84$ ,  $p = 0.093$ ,  $\eta^2 = 0.014$ .

### 3.3 Cross-national variation in numerical ability

The numerical performance of children in the two countries is presented in Table 2. Preliminary analyses run on computer tasks using a binary choice response showed that performance was above chance level ( $t$ -tests indicates that mean performance is significantly above 12/24 in number-word comparison (for VN:  $t(103) = 6.73$ ,  $p < 0.001$  and for BEL:  $t(103) = 8.34$ ,  $p < 0.001$ ) and above 28/56 in collection comparison (i.e., for VN:  $t(103) = 8.16$ ,  $p < 0.001$  and for BEL:  $t(103) = 7.42$ ,  $p < 0.001$ ) and above 8/16 in approximate addition, (i.e., for VN:  $t(86) = 5.93$ ,  $p < 0.001$  and for BEL:  $t(83) = 2.27$ ,  $p < 0.001$ ).

Table 2. Comparison of numerical abilities between Vietnamese and Belgian children

Abilities	Max	N	Mean $\pm$ SD		Nationality effect
			Vietnam	Belgium	
Counting	50	208	28.29 $\pm$ 14.04	19.72 $\pm$ 10.94	$F(1, 205) = 35.18$ , $p < 0.001$ , $\eta^2 = 0.146$
Advanced counting	6	208	3.21 $\pm$ 2.51	3.51 $\pm$ 2.34	$F(1, 205) = 0.54$ , $p = 0.464$ , $\eta^2 = 0.003$
Enumeration	8	208	3.81 $\pm$ 3.10	3.98 $\pm$ 2.87	$F(1, 205) = 0.04$ , $p = 0.849$ , $\eta^2 = 0.000$
Give-N	6	208	4.52 $\pm$ 1.97	4.98 $\pm$ 1.55	$F(1, 205) = 3.60$ , $p = 0.059$ , $\eta^2 = 0.017$
NW-Comparison	24	208	14.93 $\pm$ 4.44	15.14 $\pm$ 3.82	$F(1, 205) = 0.14$ , $p = 0.712$ , $\eta^2 = 0.003$
Collection comparison	56	208	31.99 $\pm$ 4.98	31.58 $\pm$ 4.91	$F(1, 205) = 0.67$ , $p = 0.414$ , $\eta^2 = 0.001$
Addition	14	171	4.26 $\pm$ 5.45	4.98 $\pm$ 5.21	$F(1, 168) = 0.31$ , $p = 0.580$ , $\eta^2 = 0.002$
Approximate addition	16	171	9.75 $\pm$ 2.75	10.25 $\pm$ 2.85	$F(1, 168) = 0.86$ , $p = 0.354$ , $\eta^2 = 0.005$

The first MANCOVA run on counting, advanced counting, enumeration, Give-N, collection comparison and number-word comparison showed a significant age effect (using Pillai's trace,  $V = 0.42$ ,  $F(6, 200) = 23.86$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.417$ ) and nationality effects ( $V = 0.23$ ,  $F(6, 200) = 9.98$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.230$ ). Performance increased with age in all tasks (counting,  $F(1, 205) = 66.12$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.244$ , counting from a number,  $F(1, 205) = 34.16$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.143$ , enumeration,  $F(1, 205) = 54.31$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.209$ , Give-N,  $F(1, 205) = 98.23$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.324$ , number-word comparison,  $F(1, 205) = 57.50$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.219$ , collection comparison,  $F(1, 205) = 18.67$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.084$ ). As regards the nationality effect (see Table 2), it was only significant in the counting task and marginally significant for the Give-N task. The second MANCOVA run on addition and approximate addition, led to a significant age effect ( $V = 0.19$ ,  $F(2, 167) = 19.38$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.19$ ) showing that performance increased with age in both addition,  $F(1, 168) = 20.99$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.111$ , and approximate addition,  $F(1, 168) = 22.82$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.120$ . However, the nationality effect was not significant,  $V = 0.01$ ,  $F(2, 167) = 0.53$ ,  $p = 0.592$ ,  $\eta^2 = 0.006$ .

Bayesian ANCOVAs with age as the covariate and nationality as the between-subjects factor was run on each numerical task (using JASP version 0.8.4). These analyses provide the Bayes factor (BF), which can be considered a relative measure of statistical evidence.

According to Jeffreys (1961), Bayes factor values of 1–3 are weak or inconclusive evidence, values of 3–10 are moderate evidence, values of 10–30 are strong evidence, values of 30–100 are robust, and values above 100 are extreme/decisive evidence for the presence of a given effect, including the null effect.

For counting, the best fitting model was the one with age and nationality effects ( $BF_M = 2.99^e + 6$ ). Bayes Factor inclusion indicated that the data are  $137^e + 11$  times more likely to occur in a model including the age effect and 766343 times more likely to occur under a model that includes the nationality effect than under the model without these effects. There is thus decisive evidence for both the age and nationality effects.

For the Give-N, the best fitting model is the one with age ( $BF_M = 3.71$ ). The BF inclusion indicates that data are  $9.007^e + 15$  times more likely to occur in a model that includes the age effect. However, there is just weak evidence against the nationality effect. Indeed, data are only 1.23 times more likely to occur in a model that does not include this nationality effect.

For all the other numerical tasks, the best fitting model was the one with the age effect only ( $BF_M = 15.45$  for advanced counting,  $BF_M = 19.39$  for enumeration,  $BF_M = 18.71$  for number-word comparison,  $BF_M = 14.51$  for collection comparison,  $BF_M = 15.685$  for addition and  $BF_M = 12.11$  for approximate addition). The BF inclusion indicated that data were much more likely to occur in a model that included this age effect than under a model without it (644970.84 more likely for advanced counting,  $2.00^e + 9$  for enumeration,  $7.022^e + 9$  for number-word comparison, 682.45 for collection comparison, 2340.48 for addition, 5447.77 for approximate addition). There is also moderate evidence against the inclusion of a nationality effect. Indeed data are respectively 5.15 times for advanced counting, 6.45 times for enumeration, 6.25 times for number-word comparison, 4.87 times for collection comparison, 5.24 times for addition, 4.03 times for approximate addition more likely to occur in a model that does not include the nationality effect than in a model that does include it.

### **3.4 Difference in counting ability and cardinal knowledge**

To investigate deeper the nationality differences in counting, we considered four different levels of performance according to the higher category of number up to which the child could count: the unit level (one to ten), the teen level (eleven to sixteen), the small decade-unit numbers (seventeen to thirty) and the larger decade-unit numbers (thirty-one to fifty). Each child was categorized according to whether he/she had reached this level or not. Chi-square contingency tests were carried out to determine from what level any difference between Vietnamese and Belgian children appeared significant. The difference in counting ability was substantial from the teen's level,  $\chi^2(1) = 27.56$ ,  $p < 0.001$  (figure 1). Thirty-one Belgian children, but only three Vietnamese children, stopped counting at sixteen or before and could not count further (see Table 3).

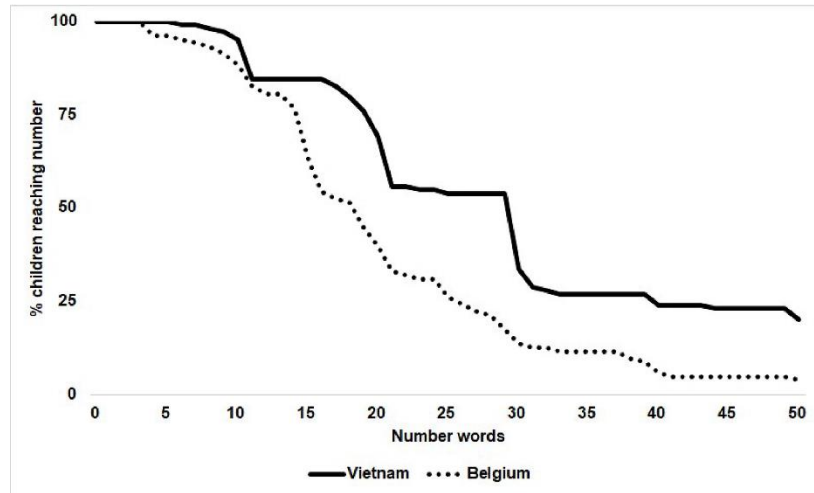


Figure 1. Cumulated percentage of children able to count up to at least that number in the counting list

Table 3. Comparison of counting ability according to the counting sequence group

Counting sequence Group	<i>N</i> Vietnam	<i>N</i> Belgium	$X^2(1)$	<i>p</i> -value
One to ten	15	19	0.56	.453
Eleven to sixteen	3	31	27.56	< .001
Seventeen to thirty	56	41	4.34	.037
Thirty-one to fifty	30	13	8.47	.004

As regards the Give-N task, we considered the cumulated percentage of children in each sample, reaching each number-knower level, and chi-square contingency tests were calculated to examine from what number-knower level the difference between both samples appeared significant (see Table 4). The difference in number-knower level was significant at two-knower and indicated that more Belgian children could understand the cardinal meaning of "two" than Vietnamese children.

Table 4. Percentage of children reaching at least this number-knower level according to nationality

Number-knower level	Vietnam	Belgium	$X^2(1)$	<i>p</i>
One-knower	98	100	2.01	0.155
Two-knower	89	98	7.66	0.006
Three-knower	76	87	3.81	0.051
Four-knower	69	79	2.5	0.114
CP-knower	61	70	2.12	0.145

To sum up, we found an age effect in all the tasks, showing that all numerical abilities were sensitive to the child's development. More importantly, we found significantly better

counting performance in Vietnamese children (starting at teens numbers) but marginally better numbers cardinal knowledge in Belgian children (especially regarding the numbers two). For all the other measures, the performance of the children in both countries was equivalent.

### 3.5 Cross-national variation in home activity frequency

All parents completed the home activity questionnaire, but five Vietnamese parents did not answer all the questions. Cronbach's alphas were first computed on these data ( $N = 203$ ) and showed good internal consistency for home numeracy (13 items,  $\alpha = .86$ ) and home literacy (11 items,  $\alpha = .89$ ). Scores for home numeracy and home literacy were calculated by averaging the score for all items, ranging from 0 (never) to 4 (very often or once per day). Each of these was entered into a repeated-measure ANCOVA with home activity (two levels: numeracy, literacy) as the within-subjects factor, and nationality as the between-subjects factor and age as a covariate. The effect of home activity was significant,  $F(1, 200) = 4.92$ ,  $p = 0.028$ ,  $\eta^2 = 0.024$ , indicating that the frequency of numeracy ( $M = 2.25$ ,  $SD = 0.68$ ) is higher than that of literacy ( $M = 1.99$ ,  $SD = 0.90$ ). The effect of age was also significant, showing that home numeracy frequency increased according to children's age. There was also a moderate main effect of nationality, showing that Vietnamese parents stimulated their child more frequently than Belgian parents,  $F(1, 200) = 4.49$ ,  $p = 0.035$ ,  $\eta^2 = 0.022$  on both home numeracy ( $M = 2.35$ ,  $SD = 0.74$  vs.  $M = 2.15$ ,  $SD = 0.59$ ) and home literacy ( $M = 2.11$ ,  $SD = 1.02$  vs.  $M = 1.88$ ,  $SD = 0.75$ , respectively). None of the interactions were significant (home activity x age,  $F(1, 200) = 2.11$ ,  $p = 0.147$ ,  $\eta^2 = 0.010$ ; home activity x nationality,  $F(1, 200) = 0.28$ ,  $p = 0.599$ ,  $\eta^2 = 0.001$ ).

### 3.6 Difference in formal versus informal numeracy activity

According to the definition of formal and informal numeracy (Skwarchuk et al., 2014), we computed the two sub-scores of home numeracy, one for formal numeracy activity (i.e., the average score of six items 1, 2, 6, 8, 11, 13) and one for informal numeracy activity (i.e., the average score of seven items 3, 4, 5, 7, 9, 10, 12) (see Table 5).

Table 5. Frequency formal and informal home numeracy activities across nations

Items for formal numeracy activity	Items for informal numeracy activity
1. I help my child learn simple sums (e.g., $2 + 2$ )	3. We talk about time with clocks and calendars
2. I encourage my child to do math in his/her head	4. I help my child weigh, measure, compare quantities
6. I teach my child to recognize printed numbers	5. We play games that involve (+ -)
8. I ask about quantities (e.g., How many candies?)	7. We sort and classify by color, shape, and size.
11. I help my child recite the sequence (1 2 3 4 5)	9. We play board games or cards card games.
13. I encourage the use of fingers to indicate how many	10. I encourage collecting (e.g., cards, stamps, rocks).
	12. We sing counting songs (e.g., Five Little Fingers)
Mean $\pm$ SD for VN: $2.62 \pm 0.78$	Mean $\pm$ SD for VN: $2.14 \pm 0.81$
Mean $\pm$ SD for BEL: $2.39 \pm 0.63$	Mean $\pm$ SD for BEL: $1.98 \pm 0.68$

Cronbach's alphas were computed on home numeracy data ( $N = 203$ ) and showed acceptable internal consistency for formal numeracy subscale (6 items,  $\alpha = .77$ ) and informal numeracy subscale (7 items,  $\alpha = .76$ ). Independent sample  $t$ -tests were then used to compare the frequency of these two types of home numeracy activities (formal vs. informal) in the two samples. Vietnamese parents stimulated their child more on formal numeracy activities than Belgian parents,  $t(184.16) = 2.33$ ,  $p = .021$ , Cohen's  $d = 0.60$ . However, the frequency of informal numeracy activities did not differ between Vietnamese parents and Belgian parents,  $t(186.88) = 1.55$ ,  $p = 0.122$ , Cohen's  $d = 0.62$ . Levene's test indicated unequal variances for formal numeracy activity,  $F = 7.97$ ,  $p = .005$ , and for informal numeracy activity,  $F = 4.48$ ,  $p = .035$ , so degrees of freedom were adjusted from 198 to 184.16 and from 195 to 186.88, respectively. However, according to Bayesian  $t$ -tests, the evidence in favor of a difference between the formal numeracy activities between Vietnamese and Belgian parents and the absence of such a difference for informal activities are weak (respectively,  $BF_{10} = 1.28$  for formal activities and  $BF_{01} = 1.96$  for informal ones).

### **3.7 Home numeracy and children's numerical performance**

Correlation between home numeracy frequency and numerical ability was calculated using nationality as a moderator. Children's performance in each numerical task (counting, advanced counting, enumeration, Give-N, collection comparison, and number-word comparison, addition, and the approximate addition task) was introduced in a Moderation running through Hayes' PROCESS (version 3.5) (Hayes, 2017) by SPSS (version 25) with home numeracy as an independent variable and nationality (0: Belgium; 1: Vietnam) as a mediator (Table 6).

Home numeracy correlated significantly with all precise symbolic numerical abilities (counting, advanced counting, enumeration, Give-N, number-word comparison, and addition), but not with the approximate numerical tasks (collection comparison and approximate addition) (See Table 6). These correlations were not affected by nationality. The effect of the moderator (nationality) and the interaction between home numeracy and nationality were no significant (all  $ps > 0.05$ ).

Table 6. Relationship between home numeracy and numerical performance using nationality as the moderator

	<i>b</i>	<i>SE B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>
<b>Counting</b>					
Constant	8.54	4.44	1.93	0.056	
Home Numeracy	5.17	1.98	2.61	<b>0.009</b>	0.17
Nationality	4.81	5.98	0.80	0.422	
Home Numeracy x Nationality	1.29	2.56	0.50	0.615	
<b>Advanced counting</b>					
Constant	1.19	0.87	1.37	0.172	
Home Numeracy	1.07	0.39	2.77	<b>0.006</b>	0.27
Nationality	-0.04	1.17	-0.00	0.997	
Home Numeracy x Nationality	-0.18	0.50	-0.37	0.711	
<b>Enumeration</b>					
Constant	1.79	1.08	1.65	0.100	
Home Numeracy	1.01	0.48	2.09	<b>0.037</b>	0.22
Nationality	-0.12	1.46	-0.08	0.933	
Home Numeracy x Nationality	-0.10	0.62	-0.16	0.869	
<b>Give-N</b>					
Constant	3.66	0.63	5.82	<.001	
Home Numeracy	0.61	0.28	2.17	<b>0.031</b>	0.27
Nationality	-0.62	0.85	-0.73	0.462	
Home Numeracy x Nationality	0.05	0.36	0.13	0.667	
<b>NW-Comparison</b>					
Constant	10.23	2.70	3.78	<.001	
Home Numeracy	3.56	1.20	2.95	<b>0.004</b>	0.28
Nationality	0.78	3.64	0.21	0.830	
Home Numeracy x Nationality	-0.78	1.56	-0.50	0.616	
<b>Collection comparison</b>					
Constant	28.47	1.80	15.79	<.001	
Home Numeracy	1.43	0.80	1.78	0.077	0.18
Nationality	0.72	2.42	0.29	0.767	
Home Numeracy x Nationality	-0.23	1.04	-0.22	0.822	
<b>Addition</b>					
Constant	0.06	2.26	0.03	0.978	
Home Numeracy	2.24	0.99	2.25	<b>0.026</b>	0.28
Nationality	-0.94	2.96	-0.32	0.750	
Home Numeracy x Nationality	-0.01	1.25	-0.01	0.996	
<b>Approximate Addition</b>					
Constant	8.50	1.21	7.05	<.001	
Home Numeracy	0.81	0.53	1.52	0.131	0.17
Nationality	0.28	1.58	0.18	0.858	
Home Numeracy x Nationality	-0.42	0.67	-0.62	0.532	

### 3.8 Language, home numeracy, and counting variation

Multiple regression was used to measure the weight of the different explanatory factors to account for the child's counting skills. In an initial analysis, age (expressed in months), home numeracy, and nationality (1: VN and 0: BEL) were entered into the model. The regression model explained 36.6% of the variance of counting performance,  $F(3, 202) = 39.88$ ,  $p < 0.001$ . According to the *Beta* coefficients, age was the best explanatory factor ( $\beta = .424$ ), followed by nationality ( $\beta = .312$ ) and home numeracy ( $\beta = .239$ ).

Subsequently, to see whether nationality still accounted for a significant part of the variance beyond age and home numeracy, hierarchical multiple regression was conducted. In the first block, age and home numeracy were forced, and then nationality was introduced in the second block using the stepwise method. The model (see Table 7), including age and home numeracy, was significant,  $F(2, 200) = 38.9$ ,  $p < 0.001$ , and explained 28% of the variance in counting performance. However, nationality accounted for an additional significant 9.5% of the variance.

Table 7. Results of hierarchical multiple regression for counting performance

	B	SE B	$\beta$	t	Sig. (p)
Step 1					
Constant	-33.40	6.87		-4.86	< .001
Age	0.81	0.12	.407	6.72	< .001
Numeracy	5.59	1.19	.285	4.70	< .001
Step 2					
Constant	-37.31	6.46		-5.78	< .001
Age	0.85	0.11	.424	7.49	< .001
Numeracy	4.69	1.12	.239	4.17	< .001
Nationality	8.32	1.51	.312	5.52	< .001

Note:  $R^2 = .280$  for step 1,  $R^2 = .375$  for step 2;  $\Delta R^2 = .095$  for step 2.

## 4. Discussion

The main question addressed in this paper is: “*To what extent does a language's number-naming system impact preschoolers' numerical development?*” To disentangle the effect of cultural and language differences, we chose children from Vietnam (a former French colony) instead of another less culturally comparable Asian sample and compared them with children from Belgium's French-speaking region. Additionally, we assessed the home learning environment via a parent questionnaire. Furthermore, we tested preschool children to decrease the possible impact of differences in math school curricula. The two samples were very comparable in terms of age and gender, IQ and PL abilities, and parent education level.

### 4.1 Differences in numerical ability between the two countries

Children's numerical development was tested through eight numerical tasks. Only one of these led to better performance in Vietnamese children compared to their French-speaking peers. Indeed, for simple rote counting, Vietnamese counted, on average, ten steps further than French-speaking children. This finding is consistent with that of previous studies that

tested Chinese children (Lonnemann et al., 2019; Miller et al., 1995). More specifically, we found that the differences between the two samples started to emerge at the level of the teen numbers; that is, in an area where French-speaking children have to learn specific words corresponding to the teens, whereas Vietnamese children follow regular rules, combining the words for ten and the words for the unit. This result is strikingly similar to the findings of a previous study (Miller et al., 1995) and provides additional evidence that a transparent, regular number-naming system facilitates learning of counting sequences in preschoolers.

In contrast, the transparent, regular Vietnamese number-naming system did not facilitate other numerical tasks. More specifically, when we used a more advanced counting task where children had to start counting from a number different from one, which assesses the level of the “*breakable chain*” (e.g., see Fuson et al., 1982), we failed to identify any advantage for the Vietnamese children. Thus, although the Vietnamese children’s counting chain was longer than that of the Belgian children by approximately ten numbers, they did not develop faster regarding the elaboration of their number sequences. These results are not in line with those of a previous study (Aunio et al., 2008), but the authors of that work compared Chinese children with British and Finnish children; the former might have received more educational stimulation.

Regarding enumeration (i.e., using the numerical chain to determine the number of items in a set), unlike the previous study (Miller et al., 1995), no overall difference was found. We should remember that object counting requires the ability to produce a counting sequence in the right order, a certain level of elaboration of the counting sequence (i.e., the level of the unbreakable chain, see (Fuson et al., 1982), and mastery of different counting principles (e.g., see Gelman & Gallistel, 1978). Thus, although the Vietnamese children’s counting sequence was higher, they did not perform better on the more complex collection counting task.

We also used two tasks to test the cardinal understanding of number words: the Give-N task and the number-word comparison task. Neither of these demonstrated an advantage for the Vietnamese children. In contrast, we found that French-speaking children had marginally better cardinality knowledge than Vietnamese children. These results are particularly impressive given that a previous longitudinal study (Geary, vanMarle, Chu, Hoard, & Nugent, 2018) tested a large sample of preschoolers and found that those who knew more count words at the beginning of preschool also performed better on the Give-N task. Conversely, the same research team (Geary, vanMarle, Chu, Rouder, Hoard, & Nugent) found that a good understanding of number words’ cardinal meaning was a strong predictor of counting abilities two years later when the children were six years old. Thus, although these studies show a bidirectional link between number-word cardinal understanding and count list extension, our research indicates that these two abilities may develop somewhat differently in young Vietnamese children since despite their count list being longer than French-speaking peers, they lagged behind in terms of understanding number words’ cardinal meaning (especially learning the number “*two*”). Therefore, we support the previous view of Wynn (1992), who showed that the acquisition of the cardinal meaning of number words does not coincide with the sequence counting ability or object counting ability.

Interestingly, this result is consistent with that of previous studies showing that Asian children (i.e., Japanese, Chinese) were not better but were slower in understanding the cardinal meaning of the number words “one”, “two”, and “three” than Western children (i.e., English and Russian) (Le Corre et al., 2016; Sarnecka et al., 2007). Vietnamese is like Japanese and Chinese, where there is no distinct singular/plural, whereas this distinction is obligatory in French and English. In the current study, we found that French-speaking children outperformed Vietnamese children in understanding the cardinal value of the numbers “two”, but the differences by country disappeared regarding learning other numbers. This finding suggests that the singular-plural distinction of language, but not the transparency of the number-naming system, does influence cardinality knowledge of the small number words “two”.

The number-word comparison task was never used in previous studies comparing Asian and Western preschoolers. Here, again, we observed no difference in performance between our two samples. Thus, although the counting sequence is larger in Vietnamese children than in French-speaking children, it was not associated with a better ability to compare the magnitude of larger number words. Recently, Sella, Lucangeli, and Zorzi (2018) showed that the comparison of number words (i.e., below 9) is related to cardinality knowledge measured using the Give-N task. Accordingly, we propose that in comparing the magnitude of two number words, it is important not only to know the number words’ sequence but also to understand their cardinal meaning.

For simple addition, we found no difference between the two samples. This finding is inconsistent with that of the previous study, which showed the large effect size of nationality effect (Cohen’s  $f = 1.03$ , Geary et al., 1993), supporting Chinese children’s higher performance. However, the current study sample was younger than Chinese kindergarteners ( $M_{\text{age}} = 71$  months). We suggested that the absence of a group effect was not due to the sample size ( $n = 51$  in Geary et al., 1993 vs.  $n = 171$  in our study). Furthermore, most researchers have reported that Chinese kindergarteners engage in regular mathematics learning sessions (Ng & Rao, 2010), which is not the case in Vietnam and Belgium (i.e., without arithmetic instruction in preschool). In addition, we excluded Vietnamese preschoolers who attended extracurricular math programs from the study.

We also wanted to examine whether Asian children’s possible advantage in symbolic number processing tasks also extended to tasks that do not involve precise number processing but simply tap into the processing of approximate magnitude. To that end, we used both a collection comparison task and an approximate addition task. Here, again, the two samples behaved similarly, thus supporting the view that at that age, language transparency does not influence non-symbolic ability. Our finding is inconsistent with those of previous studies (Lonnemann et al., 2019; Rodic et al., 2015), which found that Chinese preschoolers were better at non-symbolic magnitude comparison than other groups. However, our results are consistent with those of a recent study (Rodic, Cui, Malykh, Zhou, Gynku, & Bogdanova, 2018), which showed that 6- to 9-year-old Chinese children were faster but had slightly lower accuracy than Russian and British children in symbolic and non-symbolic number magnitude comparisons.

One possible explanation for these inconsistent results could be associated with differences in symbolic number tasks such as arithmetic and symbolic number comparisons. Indeed, according to the refinement hypothesis proposed by Noël and Rousselle (2011), more frequent and advanced practices with exact (symbolic) numbers would lead to a refinement of the approximate number system. Similarly, Chen and Li (2014) concluded their meta-analysis by suggesting a bidirectional relationship between non-symbolic magnitude processing and symbolic mathematics performance, each influencing the other. In our study, since we did not find any advantage in Vietnamese children regarding symbolic tasks such as number-word comparison or addition, it is not surprising that there was no difference in the non-symbolic tasks either. The better achievement in Chinese children's non-symbolic numerical tasks can be attributed to early education in school (unlike other countries in Asia or Europe).

#### **4.2 Differences in home numeracy by country**

Asian parents and society place a strong emphasis on mathematics and have high expectations in this regard (Ng & Rao, 2010). To consider this point, we measured the influence of parent-child numerical stimulation on children's numerical development. We found that Vietnamese parents generally stimulate their child slightly more than Belgian parents in numeracy and literacy. Furthermore, we found that the kind of home numeracy slightly differed across the groups. The Vietnamese parents tended to practice more frequent formal numeracy activities (i.e., simple arithmetic, mental addition) with their children than the Belgian parents, whereas there was no difference in the frequency of informal numeracy activities. These findings are congruent with those reported previously and show that Asian parents use more formal instruction related to arithmetic at home (Huntsinger et al., 1997; Pan et al., 2006).

Nevertheless, despite this more frequent numeracy stimulation (especially regarding formal numeracy), the Vietnamese children did not exhibit more advanced symbolic numerical development, except for basic counting. However, the average frequency reported for home numeracy was approximately 2 for the Vietnamese parents, which roughly corresponds to "*sometimes*", a frequency that might be too low to lead to better addition performance in this group than the Belgian children. Beyond the frequency of home numeracy, other factors should play a role, such as the quality of the practices and the kinds of numeracy activities (Blevins-Knabe, 2016).

Finally, for the sole task where Vietnamese children performed better than Belgian children (the counting task), we looked at the explanatory power of the language's effect (expressed by nationality) and the impact of home experience (expressed by home numeracy). The regression analysis indicated that both factors played a significant role in explaining the counting skills. These results expand on the findings of Cankaya et al. (2014), who showed that both the frequency of parent-child numeracy stimulation and the number-naming system impacted counting skills.

### 4.3 Strengths and limitations

Our research has several strengths. We assessed preschoolers from Vietnam and Belgium, thus reducing the difference in mathematics school instruction. The two samples were equivalent in several aspects (age and parent education level, except for a moderate difference in formal home numeracy). Thus, the two groups were very similar, allowing us to measure the number-naming systems' influence on children's numerical development more selectively. Furthermore, we assessed the children's numerical development with eight different tasks, whereas most previous studies on this topic have had at most three (e.g., counting, enumeration, and addition). Finally, we also controlled for parents' stimulation of the child as a possible contributory factor in their numerical development. Such an approach was barely used in previous studies examining the impact of the number-naming system, except for that of Cankaya et al. (2014).

However, our study also has some limitations. First, although we chose the location (large cities) and parent education level as two criteria to select comparable samples, we failed to measure a parent's socioeconomic level. However, Davis-Kean (2005) found direct effects of parent education (but not income) on European American children's standardized achievement scores. Furthermore, the incomes could not be directly compared, as the cost of living is very different between the two countries. Second, the home numeracy questionnaire allowed us to examine the home learning environment as one aspect of culture. However, we did not measure the parents' attitudes toward academic success. Future studies should elaborate on this factor. Third, in the Give-N task, we found some cases of children ( $n = 7$ ) who could give five objects but failed to give six, showing that being a CP-knower (i.e., Cardinal Principle knower) is not equivalent to being a four-knower or even a five-knower. A recent article has also reported on this issue (Krajcsi, Fintor, & Hodossy, 2018). Future research should extend the range of numbers used in the task (and include even numbers larger than 10) to precisely examine when children generalize their cardinality knowledge for all number words. This could be after understanding the number "four" for some children, the number "five" for others, and perhaps the number "six" or even a larger number for others.

Finally, regarding the effect size of nationality on numerical abilities, we found a moderate effect size on counting ( $\eta^2 = 0.146$ ), which is consistent with that of previous studies (Lonnemann et al., 2019; Miller et al., 1995). However, we found a minimal nationality effect size ( $\eta^2 = 0.017$ ) on cardinal knowledge compared to the large effect size on the literature (Cohen's  $f = 0.82$ ; Sarnecka et al., 2007). This could be explained because our sample was older than that in the previous study ( $M_{age} = 3;2$ ) and did not correspond to the critical age where children learn the cardinal meaning of their first number words. Future studies need to examine this ability in younger children to favor the comparison.

In short, we found that the transparency of the number-naming system in Vietnamese did not have an all-pervasive influence on the preschoolers' numerical performance. Thus, our results confirm the effect of the transparency of the number-naming system on counting in Vietnamese, but fail to find other advantages. By contrast, French-speaking children were more advanced in understanding the cardinal meaning of the number "two", which we

interpreted as being due to the numerical morphology (singular/plural distinction) in French but not in Vietnamese. Vietnamese parents stimulated their child's numerical development (mainly through formal home numeracy) slightly more than Belgian parents. However, both language and home numeracy effects accounted for counting variation between the two groups.

To conclude, we provided evidence that the Vietnamese number-naming system's transparency led to a faster acquisition of basic counting for preschoolers but did not support other more advanced numerical development or non-symbolic numerical abilities. In addition, we extended the evidence that both transparent number-naming system and home numeracy influence young children's counting development.

## Chapter 5

### **Transparent Vietnamese number-naming system facilitates first graders transcoding-cross-linguistic study comparison with French**

---

The Vietnamese number-naming system more transparently expresses base-10 than the French one does. Our study aimed to examine the language (base-10) effect on the transcoding performance and error nature in 68 French-speaking (FS) children and 173 Vietnamese-speaking (VNS) children in the first grade. They were presented with two transcoding tasks: verbal- and analog-Arabic. The results showed that the VNS children performed better than the FS children on both of the transcoding tasks. The FS children committed more lexical errors than the VNS children did, while the syntactic error rates were not different. We conclude that the transparency of the base-10 expressions led to a better transcoding performance in the VNS children, and the language differences reflected the error nature. The differences in transcoding performance and errors are discussed based on the integration of the transcoding theoretical frameworks.

#### **Reference**

Article submitted on *Cognitive development*.



## **Chapitre 6**

### **Discussion générale**

---



# Discussion générale

---

L'arithmétique est un processus clé dans les apprentissages mathématiques. Les différences individuelles au niveau des capacités cognitives et numériques spécifiques, ainsi que des facteurs socioculturels et des propriétés du système numérique verbal peuvent influencer le traitement numérique et le développement des compétences arithmétiques.

Dans le présent travail, nous nous sommes particulièrement intéressés d'une part à la manière dont les facteurs numériques spécifiques prédisent les compétences arithmétiques et d'autre part à la manière dont le système numérique verbal affecte le développement numérique.

## 1. Résumé de l'étude

Le premier objectif de cette thèse était de mieux comprendre les relations entre des capacités numériques spécifiques chez les enfants d'âge préscolaire et le développement arithmétique. Nous avons mené une étude longitudinale pour évaluer le pouvoir prédictif de ces aptitudes numériques spécifiques sur les capacités arithmétiques ultérieures, en mesurant à la fois les aspects quantitatifs (exactitude, fluidité) et qualitatifs (stratégies). L'analyse de dominance des données prédictives longitudinales nous a permis de tester le poids de ces prédicteurs et de déterminer le prédicteur le plus robuste parmi ceux-ci. Le résultat indique que le comptage, le comptage avancé, la connaissance cardinale des mot-nombres, la comparaison de collections prédisent significativement les compétences d'addition deux ans plus tard alors que le dénombrement, la compréhension de la magnitude symbolique et l'addition approximative symbolique ne le font pas. Parmi elles, deux compétences en matière de comptage (compter le plus loin possible et compter à partir d'une borne) sont des prédicteurs plus dominants que la connaissance de la valeur cardinale des mot-nombres et la comparaison de collections. De plus, le comptage avancé et la comparaison de collections prédisent toujours les compétences arithmétiques après avoir contrôlé les capacités cognitives, alors que le comptage simple et la compréhension cardinale ne le font pas. Ce résultat nous a permis de conclure que la maîtrise de la capacité de comptage avancé est le prédicteur le plus robuste des compétences arithmétiques ultérieures. En outre, l'aptitude au comptage, à comparer des NVO, à dénombrer (une autre mesure de la cardinalité) et l'addition approximative symbolique sont des prédicteurs significatifs de l'évolution arithmétique intra-individuelle, alors que la comparaison des collections et la compréhension cardinale (mesuré par la tâche de donne-moi N) ne l'est pas. Dans l'ensemble, nos résultats indiquent que le traitement numérique symbolique, tel que **le comptage et la comparaison des NVO, contribue de manière plus significative au développement arithmétique que les autres capacités.**

Le second objectif de ce travail était d'examiner l'effet de la plus ou moins grande transparence à la base 10 des systèmes numériques verbaux sur le traitement numérique de l'enfant. Nous avons mené deux études comparatives sur des enfants vietnamiens et francophones. Ces deux systèmes numériques sont différents en termes de la structure de base 10, lexicale et syntaxique des mots-nombres. Les participants étaient des enfants monolingues plus jeunes que dans les études précédentes afin de minimiser les différences de curriculum scolaire entre les pays. La première étude montre que la performance de comptage des enfants vietnamiens est meilleure que celle des enfants francophones, tandis que les autres capacités numériques (comptage avancé, dénombrement, compréhension de la valeur cardinale des mots-nombres, addition approximative, comparaison de collections, addition) sont équivalentes entre les deux groupes. De même, la deuxième étude a indiqué de meilleures capacités de transcodage chez les enfants vietnamiens, alors que leurs performances en matière d'addition et de comparaison de chiffres arabes ne différaient pas par rapport aux enfants francophones. Les enfants francophones ont fait plus d'erreurs lexicales lors du transcodage que les enfants vietnamiens, tandis qu'il n'y avait pas de différence entre les deux groupes en termes d'erreurs syntaxiques. Nos résultats suggèrent que **la nature de l'erreur de transcodage reflète les différences dans le système numérique verbal** et que **la transparence du système numérique verbal en base 10 conduit à de meilleures performances de comptage et de transcodage chez les enfants vietnamiens.**

## **2. Prédicteurs et mécanismes sous-jacents au développement arithmétique**

### **2.1 Acquisition et élaboration de la chaîne numérique verbale comme précurseur des compétences arithmétiques ultérieures**

La capacité de comptage est clairement importante dans l'acquisition initiale des capacités arithmétiques ultérieures. Le résultat de notre étude est cohérent avec plusieurs études précédentes qui ont montré le rôle prédictif du comptage à l'âge préscolaire pour les capacités arithmétiques ou mathématiques ultérieures (Aragón et al. 2016 ; Aunola et al., 2004 ; Aunio et al., 2010 ; Hornug et al., 2014 ; Nguyen et al., 2016 ; Xenidou-Dervou et al., 2018). Notons que des études portant sur des élèves de première année primaire ont même montré que l'aptitude au comptage reste un prédicteur constant de la performance arithmétique en quatrième année (Zhang et al., 2017). De plus, l'entraînement au comptage d'enfants à l'âge préscolaire améliore leurs capacités arithmétiques (Friso-van den Bos, Kroesbergen, & Luit, 2018). Les stratégies de comptage des élèves en première année de primaire prédisent leurs capacités mathématiques en cinquième année du primaire (Geary, 2011). Toutes ces preuves nous permettent d'indiquer une relation réciproque entre le comptage et l'arithmétique.

Pourquoi l'acquisition du comptage est une connaissance fondamentale pour soutenir l'apprentissage de l'arithmétique ? Le comptage semble impliquer le système phonologique, de sorte que la performance de comptage est corrélée à des mesures telles que l'empan de chiffres et la mémoire de travail verbale (Aunola, Leskinen, Lerkkanen, & Nurmi, 2004 ; Kleemans et al., 2011 ; Passolunghi et al., 2007). Les premières procédures arithmétiques sont basées sur le comptage (Fuson et al., 1982 ; Groen & Parkman, 1972 ; Johansson, 2005). Les compétences en matière de comptage varient considérablement d'un enfant de maternelle à l'autre, que l'on considère le comptage par cœur, le comptage d'objets ou la connaissance des principes de comptage (Aunola et al., 2004 ; Kleemans et al., 2011 ; Reigosa-Crespo et al., 2012). La précision et la longueur de la séquence de comptage s'améliorent avec l'âge (Cordes & Gelman, 2005). Ainsi, les performances de comptage et les performances arithmétiques sont fortement liées, du moins jusqu'à ce que les enfants commencent à utiliser d'autres procédures de résolution, comme la récupération (Geary, 2011). Parmi les stratégies de résolution arithmétique des enfants vietnamiens en première année du primaire (CP), 35 % des stratégies sont la récupération. Cela signifie que la connaissance du comptage en maternelle est très importante pour les enfants qui utilisent encore des stratégies basées sur le comptage au CP. Mais c'est également un prédicteur longitudinal important pour d'autres enfants. Pour les enfants qui sont capables d'utiliser d'autres stratégies de calcul non basées sur le comptage lorsqu'ils entrent dans l'enseignement formel, cela peut être dû à leur bonne maîtrise du comptage verbal pendant la période préscolaire, qui favorise les associations problème-réponse dans la mémoire à long terme, leur permettant ainsi de résoudre des additions en récupérant la réponse dans leur mémoire (Siegler & Shrager, 1984).

Au cours du développement de leurs stratégies, à un moment donné, les enfants les plus habiles cessent d'utiliser le comptage pour résoudre les problèmes arithmétiques et passent à des procédures plus sophistiquées, basées sur la mémoire, telles que la récupération ou la décomposition (Geary, Hoard, Byrd-Craven, & Desoto, 2004). Ainsi, à cet âge-là, l'utilisation du comptage pour résoudre des problèmes arithmétiques devient négativement liée à la performance ultérieure (Geary, 2010). Par exemple, Jordan et al. (2008) ont montré qu'en maternelle, la fréquence à laquelle les enfants utilisaient leurs doigts pour compter tout en résolvant des problèmes arithmétiques était positivement liée à leurs performances, alors qu'à la fin de la deuxième année, l'utilisation des doigts était négativement corrélée à leurs performances. Dans nos données, il existe une forte corrélation entre la stratégie de calcul et le type de support,  $r(157) = .93, p < .001$ ; sur les 77,5 % de stratégies analysées en détail (voir chapitre 2) : 9,5 % concernaient l'utilisation des doigts, 13,5 % l'utilisation des doigts et le comptage verbal, 4,8 % le comptage verbal, 49,7 % aucun support. L'utilisation du comptage sur les doigts avec verbalisation pour résoudre des additions dans des classes supérieures (à partir de troisième primaire) peuvent indiquer des difficultés ultérieures en mathématiques (Geary, 2010 ; Jordan et al., 2008).

Pourquoi le comptage (notamment compter à partir d'une borne) est un bon prédicteur des performances arithmétiques et de la sophistication des stratégies ? En utilisant une stratégie mature basée sur le comptage comme le count-min, l'élaboration verbale des nombres (c'est-à-dire la maîtrise du comptage avancé) est obligatoire. En outre, les enfants

doivent également comprendre le concept de connaissance cardinale et de magnitude. La compréhension de la signification cardinale d'un NVO sert de base à la comparaison de la magnitude des mots nombres (Sella, Lucangeli, & Zorzi, 2018) et, plus tard, des nombres arabes (Knudsen, Fischerb, Henning, & Aschersleben, 2015) et de la connaissance symbolique des nombres (Geary & Vanmarle, 2018). Cette connaissance aide les enfants à choisir le plus grand nombre entre les deux termes des additions et à compter ensuite à partir du plus grand (Mussolin, 2016). Lorsque les enfants effectuent cette inversion (par exemple,  $3 + 6$ , compter à partir de 6 trois pas 7 8 9), cela pourrait indiquer que certains enfants ont développé une certaine connaissance, au moins implicite, de la commutativité. Nous suggérons qu'un enfant qui sait appliquer le *count-min* a un comportement qui reflète une maîtrise de l'élaboration de la chaîne numérique verbale, une série de connaissances conceptuelles liées à la connaissance des relations entre les nombres et à l'arithmétique. Cette capacité peut être maîtrisée même longtemps après un apprentissage formel; par conséquent, la compréhension précoce de cette connaissance donne à l'enfant la possibilité d'adopter un comportement plus économique et de réduire la charge cognitive sur l'apprentissage ultérieur de l'arithmétique.

## **2.2 La compréhension de la magnitude des nombres symboliques prédit l'évolution arithmétique**

Une bonne connaissance de la signification de la magnitude des nombres symboliques, plutôt que de leurs représentations non symboliques est un précurseur fondamental du développement mathématique des enfants (De Smedt et al., 2009, 2013 ; Sasanguie et al., 2013).

Dans notre étude, bien que la capacité à comparer des nombres verbaux ne soit pas un prédicteur significatif des compétences ultérieures en matière d'addition (chapitre 2), elle est un prédicteur significatif des différences interindividuelles dans les performances arithmétiques mesurées à trois moments : en maternelle, au début et à la fin du CP, et dans les progrès arithmétiques entre les différents temps de mesure. Le pouvoir prédictif de cette capacité pourrait différer selon le type variable dépendante étudiée. Dans le chapitre 2, la variable dépendante est un facteur qui couvre à la fois la fluidité, la précision et la stratégie de l'enfant dans la résolution d'additions à la fin du CP. Dans le chapitre 3, la variable est la précision de l'ensemble des additions au 3 temps de mesure. Une autre raison est liée aux changements dans les formats symboliques des calculs présentés. Dans la première mesure de la capacité de calcul à l'âge préscolaire, les problèmes d'addition étaient présentés oralement en association avec des images, car les enfants sont jeunes à cet âge. Cependant, les deux mesures d'addition en première année du primaire utilisent des chiffres arabes. La tâche de comparaison de magnitude de nombres symboliques utilisant les mots nombres, est très corrélée avec la capacité de comptage ( $r = .51$ ), ce qui est peut-être plus en lien avec les problèmes d'addition verbale. Il est possible que la variance partagée entre ces différentes capacités prédise l'évolution arithmétique.

Dans cette étude, le nombre de participants ( $N = 157$ ) ne permet pas l'exploitation d'un modèle d'analyse de données SEM (*Structural Equations Modeling*, pour plus détail, voir Kline, 2015) où l'on peut créer des facteurs latents de variables qui partagent la même variance. La prochaine étude devrait se concentrer sur la relation entre les capacités numériques (le comptage et la compréhension de la magnitude symbolique) et avoir un grand nombre de participants qui pourraient soutenir cette approche.

### **2.3. La magnitude non symbolique est moins importante dans l'apprentissage arithmétique**

Dans notre étude, nous constatons que la comparaison des collections ne prédit que les compétences ultérieures en addition (chapitre 2), mais pas l'évolution arithmétique (chapitre 3). La puissance prédictive de cette aptitude est moins forte que celle de l'aptitude à produire et à élaborer la chaîne numérique verbale (16 % vs. 32 %). Lorsque nous avons examiné la précision de la comparaison de collections séparément pour les items congruents et incongruents, nous avons constaté que seule la condition congruente était un prédicteur significatif des compétences arithmétiques. Ce résultat est en contradiction avec l'étude de Gebuis et al. (2016), qui a montré que la condition incongruente prédisait la capacité arithmétique (voir aussi Fuhs & McNeil, 2013 ; Gilmore et al., 2013). Ces auteurs ont suggéré de considérer la condition incongruente liée comme une mesure de l'inhibition numérique. En revanche, dans notre étude, la condition congruente était un prédicteur significatif, une condition où les enfants n'avaient pas besoin d'inhiber les aspects non numériques. Keller et Libertus (2015) ont montré que la relation entre l'ANS et les capacités mathématiques chez les enfants de maternelle issus de la classe moyenne persistaient même, si on contrôlait leurs capacités d'inhibition. Une étude future pourrait également tester la capacité d'inhibition et réexaminer la relation entre ces composantes.

## **3. Est-ce que la transparence de la structure des mots nombres est un avantage pour le développement numérique?**

Pour répondre à notre question, nos deux études (chapitres 4 et 5) ont montré des preuves de meilleures performances de comptage et de transcodage chez les enfants vietnamiens. La taille de l'effet de la langue est large pour le comptage ( $\eta^2 = 0.146$ ) et pour le transcodage ( $\eta^2 = 0.209$ ).

Pour la première étude, nous avons contrôlé certains facteurs environnementaux (tels que l'éducation des parents, l'activité numérique à la maison) et testé des enfants monolingues qui ne participaient pas à des programmes d'éducation précoce à l'école ou en dehors. L'analyse de régression a montré que malgré le contrôle de la différence de l'expérience numérique et de l'âge de l'enfant, la langue était un prédicteur significatif de la variance des performances de comptage entre les enfants vietnamiens et francophones (9,5 % parmi 37,5 % de la variance). La différence dans la performance de comptage apparaît à partir de

la structure dizaine-unité où les enfants français doivent énoncer les mots nombres de la catégorie des particuliers.

Pour la deuxième étude, nous avons contrôlé de la même manière, l'éducation des parents, l'âge et le niveau d'éducation des deux groupes de participants et avons testé des jeunes élèves de première année qui n'avaient fréquenté l'école primaire que pendant deux mois. Au moment du test, les enfants des deux pays avaient appris à identifier les nombres, à les écrire et à effectuer des additions et des soustractions avec des nombres jusqu'à 5. Les enfants vietnamiens et francophones différaient dans leurs performances dans les deux tâches de transcodage, mais pas dans les tâches de comparaison de nombres et d'addition. Lors du transcodage de structures où les mots des nombres sont réguliers en base 10, comme la structure de dizaine et de dizaine-unité, les enfants vietnamiens ont obtenu de meilleurs résultats. Cependant, les enfants francophones ont fait des erreurs de transcodage spécifiques dans la structure particulière et de dizaine-unité. Conformément à notre hypothèse, l'apprentissage des mots-nombres de la partie particulière (onze-seize) et des dizaines est difficile pour les enfants francophones. Ils ont fait plus d'erreurs lexicales de transcodage : plus d'erreurs en position d'unité lors de l'écriture des nombres de la catégorie des particuliers (par exemple, 13 → 11) et plus d'erreurs en position de dizaine lors de l'écriture des nombres de type dizaine-unité. En outre, ils ont fait plus d'erreurs de classe (13 → 30). Les tailles d'effet observées sont de modérées à élevées.

Nos résultats sont cohérents avec les études précédentes (Miller et al., 1995 ; Moeller et al., 2015; Nguyen & Grégoire, 2014), et nous permettent de confirmer ces différences liées à l'effet de la langue, aux caractéristiques particulières du système numérique verbale. Cela nous permet de pointer les avantages et les inconvénients du système numérique verbal qui peut favoriser ou défavoriser le traitement numérique de l'enfant.

Au niveau du système numérique verbal français, davantage de primitives lexicales rendent l'acquisition du comptage plus compliquée, plus difficile à mémoriser en mémoire à long terme, et d'écrire des nombres sous dictée. Ce système pose plus de problèmes aux enfants apprenant à compter et à transcoder des nombres que les langues asiatiques (Lê & Noël, 2020 ; Miller, Kelly, & Zhou, 2005). En revanche, la transparence en base 10 du système des mots-nombres vietnamiens est un réel avantage, notamment pour les capacités directement liées aux nombres verbaux, tels que la récitation de la séquence verbale et l'écriture des mots nombres sous dictée. Nous suggérons que plus les enfants sont habitués avec la séquence verbale et avancent dans leur récitation de la routine verbale à la maternelle, plus ils ont d'occasions de mémoriser ces mots nombres. L'aspect transparent à la base 10 permet aux enfants vietnamiens de développer plus facilement leur séquence de comptage verbal. Pourtant, on n'a pas observé cet avantage dans d'autres capacités plus avancées telles que le comptage à partir d'une borne, ou la comparaison des mots nombres, l'addition approximative, la comparaison des collections, résoudre des additions simples, ou même comparer des nombres arabes.

Pourquoi la transparence du système de base 10 ne permet-elle pas aux enfants d'obtenir de meilleures performances en arithmétique ou dans d'autres compétences non symboliques, comme le montre l'étude précédente de Geary et al. (1993), Rodic et al. (2015) et Lonnemann et al. (2019) ? Nous avançons deux raisons, la première liée à la sélection, dans ces études, d'un échantillon chinois qui bénéficie d'autres facteurs avantageux pour leurs meilleures performances (expérience éducative à la maison ou à l'école et un niveau plus élevé d'attentes parentales, voir chapitre 1) et la seconde liée à la limite d'influence de la transparence du système verbal des nombres. Par exemple, les enfants vietnamiens n'ont pas une meilleure capacité à compter à partir d'un nombre différent de 1. Cette capacité ne relève pas de la routine verbale, mais d'un niveau plus avancé - un des niveaux d'élaboration de la chaîne numérique verbale (Fuson et al., 1982), où l'enfant atteint le niveau de la chaîne sécable : il n'est pas toujours obligé de compter à partir de un, mais est capable de compter à partir de n'importe quel nombre. Le fait de disposer d'une séquence verbale plus longue ne lui permet plus d'être plus performant dans la compréhension de la relation entre les nombres verbaux : lequel est plus grand ou plus petit que l'autre. Nous voyons ici que le concept de magnitude des mots-nombres est l'un des concepts les plus complexes. Dans nos données, les enfants des deux groupes obtiennent des résultats supérieurs au hasard et les enfants vietnamiens ne réussissent pas mieux à comprendre la magnitude des nombres verbaux. Ce contraste nous permet de soutenir la vision de Dowker et al. (2015) sur les limites des systèmes asiatiques des nombres verbaux : ils ne donnent que certains avantages spécifiques au traitement numérique, mais pas tous.

Est-ce que le résultat de nos études peut expliquer les meilleures performances mathématiques des enfants asiatiques rapportées dans les études internationales PISA ces dernières années?

Tout d'abord, la transparence d'une langue est un avantage, mais pour mieux réussir en mathématiques en général, il existe d'autres sources d'influence comme le programme scolaire, les expériences numériques précoces entre parents et enfants, l'intensité de la pratique, etc. Dans nos deux études inter-langues, nous ne pouvons pas mesurer tous les facteurs. Pourtant, en regardant nos données sur les activités numériques à la maison, nous n'avons pas observé beaucoup de différence dans la fréquence de ces activités parents-enfants (le niveau de fréquence de pratiques numériques des parents vietnamiens se situe autour d'une moyenne de 2 sur une échelle de fréquence de 4, presque la même chose que les parents belges francophones). Cependant, nous parlons d'enfants de maternelle, il faudra donc peut-être regarder quand les enfants deviennent plus âgés, quand la différence de stimulation commence à s'installer, surtout quand la pression de l'école augmente avec l'âge et le niveau d'étude.

Deuxièmement, pour nous assurer que les autres influences contextuelles étaient minimisées, nous avons exclu 23 enfants des 310 enfants qui ont participé à un apprentissage précoce des mathématiques en dehors de l'école. Ils participaient à des programmes qui enseignent et renforcent le calcul mental, le comptage des doigts, etc. tels que Kumon, Mathasium, Soroban. Ce facteur ne peut donc pas expliquer nos résultats. Cependant, en Belgique ou en Europe en général, il y a très peu de classes précoces de ce type, même à l'âge

de l'apprentissage formel. Nous suggérons donc que cette différence culturelle peut aussi expliquer la différence entre les pays dans les performances numériques et arithmétiques si les études ne contrôlent pas si les enfants ont des expériences précoces plus régulières.

Enfin, il existe d'autres différences dans le programme officiel de mathématiques qui n'apparaissent pas à l'âge étudié entre le Vietnam et la Belgique, mais commencent à se manifester vers le deuxième semestre de la première année, par exemple, à la fin de la première année, un élève vietnamien doit être capable de compter jusqu'à 100, mais c'est jusqu'à 20 pour son camarade belge francophone. En Chine, il existe une tradition répandue consistant à enseigner systématiquement aux enfants des stratégies de faits dérivés dès le début de l'enseignement des mathématiques (Sun & Zhang, 2001 ; de même, pour la Corée du Sud, Fuson & Kwon 1992 ; et le Japon, voir Hatano, 1982). Toutes ces différences pourraient contribuer à expliquer les différences de performances en mathématiques dans les études internationales.

#### **4. Réflexion sur le modèle du transcodage**

Les systèmes numériques verbaux étant variés, un modèle de transcodage devrait être applicable dans toutes les langues. Nous posons alors la question suivante : « *Est-ce que des modèles de transcodage développés dans la culture où le système numérique verbal possède des classes lexicales différentes peuvent s'adapter à une autre culture dont le système numérique verbal n'a pas cette distinction ?* »

Notre analyse supplémentaire (appendices B) a pour objectif de répondre à cette question. Nos résultats (modèle 2) montrent que le nombre de syllabes et la classe lexicale du modèle ADAPT expliquent la fréquence plus élevée d'erreurs lexicales chez les enfants francophones au début de l'apprentissage du transcodage. De plus, le nombre de règles de transcodage (modèle 3), tel que définit par le modèle ADAPT, est également un prédicteur significatif du nombre d'erreurs syntaxiques. ADAPT, modèle de transcodage décrit pour le français et l'anglais, peut donc être généralisé à d'autres langues. La validation d'ADAPT pour d'autres langues comme le néerlandais ou la langue arabe nécessite cependant quelques modifications (Saad, 2010). Nos résultats ont montré que le modèle ADAPT<sup>BASIC</sup> doit également être adapté pour la langue vietnamienne. Comme l'accès aux primitives lexicales en français est plus compliqué qu'en vietnamien (classe de décade vs. classe d'unité), nous suggérons d'ajouter la classe de primitives verbales (ClassPV) dans le modèle ADAPT pour mieux rendre compte des différences interlinguistiques entre les langues européennes et asiatiques.

#### **5. Forces et limitations**

Au-delà des limites des études dont nous avons parlé dans chaque chapitre, nous discutons également des forces et des limites liées à l'échantillon de notre projet d'étude longitudinale et transnationale.

Dans notre étude longitudinale, la taille de notre échantillon est asymptotique par rapport à la médiane des participants des études précédentes (157 vs. 196, voir chapitre 1) et fait partie des études qui ont évalué des enfants âgés de 4 à 5 ans au moment de l'évaluation des prédicteurs au lieu d'enfants plus âgés. Bien que 85 des 242 enfants aient quitté l'étude, notre taille d'échantillon assure le nombre de participants requis selon les critères statistiques (Field, 2013) applicables à l'étude longitudinale, où la taille d'échantillon requise est de  $50 + 8k$  ou  $104 + k$  participants ( $k$  est le nombre de prédicteurs). Dans notre étude,  $k = 10$  (7 prédicteurs numériques + 3 facteurs cognitifs).

Parmi les 85 enfants qui n'ont pas continué à participer à l'étude longitudinale, l'abandon de 49 participants était dû à des difficultés d'accès à l'école et à des procédures administratives compliquées. Il n'est pas facile de mener des recherches en général au Vietnam, car la psychologie en général ne s'est développée qu'au cours des 40 dernières années et le code de déontologie de la profession de la recherche et de la pratique de la psychologie n'a été publié que l'année dernière (en décembre 2020). D'autre part, la société est peu consciente de la nécessité de la recherche. Au cours du processus de collecte des données pour l'étude longitudinale, nous avons rencontré de nombreuses difficultés. Au Vietnam, après l'école maternelle, les enfants rentrent dans différentes écoles primaires en fonction de l'endroit où vivent leurs parents ou des attentes de ces derniers. Nous avons recontacté tous les parents pour savoir dans quelle école se trouvait leur enfant. Les différentes écoles sont situées dans des districts différents. Les écoles au Vietnam sont gérées selon le niveau hiérarchique (Ministère → Ville → District → École). Avant d'entrer dans l'école, nous devons avoir une lettre de recommandation du bureau d'éducation et de formation du district responsable de l'administration de l'école. Il s'agit d'un processus compliqué à accomplir. Nous avons donc contacté six écoles comptant au moins six élèves pour poursuivre notre étude longitudinale. Nous avons exclu de notre échantillon les écoles ne comptant qu'un ou deux enfants ( $n = 49$ ).

La conception idéale pour les études translinguistiques ou transnationales consiste à sélectionner des échantillons de taille égale dans les deux groupes (par exemple, dans le chapitre 4, 104 enfants vietnamiens vs. 104 enfants belges francophones) et à limiter les différences dans les facteurs démographiques, socio-économiques et éducatifs. Bien que la taille de l'échantillon dans l'étude interlinguistique liée au transcodage (chapitre 5) ne soit pas égale entre les deux groupes (173 enfants vietnamiens vs. 68 enfants belges francophones), nous avons décidé d'analyser toutes les données pour 173 enfants vietnamiens, car dans cette étude nous ne nous intéressons pas seulement aux performances de transcodage mais aussi aux erreurs de transcodage. Un grand ensemble de données de tous les enfants permettrait une observation plus complète de cet aspect qualitatif.

## 6. Perspectives futures

Les deux axes de notre projet d'études ouvrent des portes pour des études futures.

## **6.1 Extension des études sur les prédicteurs du développement mathématique de l'enfant**

**Nous aimerions étudier quelle capacité numérique à l'âge préscolaire permet de prédire la connaissance ultérieure de la magnitude symbolique.** Notre étude longitudinale s'est étendue sur deux ans avec des enfants de la maternelle à la fin CP. En plus des données présentées dans la thèse (c'est-à-dire la comparaison des NVO en maternelle), nous avons également recueilli d'autres données sur la maîtrise des symboles, mesurée dans une comparaison de nombres arabes à un chiffre au début du CP, et dans la comparaison de nombres arabes à deux chiffres à la fin du CP. Nous voulons valider l'étude récente de Scalise et Ramani (2021), selon laquelle le traitement de la magnitude des NVO à l'âge préscolaire est le prédicteur de la connaissance ultérieure de la magnitude des symboles, et que cette capacité est le meilleur prédicteur des capacités mathématiques ultérieures au-delà de la connaissance cardinale des mots nombres. Nous voulons également examiner si la relation prédictive entre la connaissance symbolique et la capacité arithmétique ultérieure est influencée par d'autres facteurs tels que le comptage, l'estimation ou l'activité numérique à domicile.

**Nous voulons continuer à évaluer les capacités arithmétiques et numériques des enfants qui ont participé à l'étude longitudinale en 5<sup>ème</sup> année, dépister les enfants ayant des difficultés numériques et arithmétiques de ce groupe et voir quelles sont les prédicteurs préscolaires qui prédisent la difficulté mathématique** (Nous notons que les participants à cette étude vont finir leur 3<sup>ème</sup> année de primaire en juin 2021). **D'autre part, nous voulons voir comment le degré de maturité des stratégies de résolution d'addition mesuré à la fin du CP prédit le développement mathématique des enfants normaux et des enfants ayant des difficultés en mathématiques 5 ans plus tard.** Des recherches antérieures ont montré qu'un des prédicteurs précoces des difficultés mathématiques ou trouble de type dyscalculie, était l'utilisation de stratégies immatures (par exemple, utiliser le comptage du tout (count-all) ou utiliser le calcul sur les doigts) (Geary et al., 2004 ; Geary, 2011). Nos recherches montrent que le comptage avancé (compter à partir d'un nombre différent de 1) est le meilleur prédicteur de la capacité arithmétique deux ans plus tard (y compris la précision, la fluidité de calcul et la maturité des stratégies). En effet, les élèves de première année qui ne maîtrisent pas les techniques de comptage avancé s'appuient souvent sur une stratégie de comptage du tout en utilisant leurs doigts pour résoudre les additions; c'est souvent la base de difficultés mathématiques ultérieures (Carpenter & Moser, 1984). Nous prévoyons que les capacités numériques de séquence (comptage et comptage avancé) et la compréhension de la magnitude symbolique (Donne-moi N et comparaison de NVO) continuent à être des prédicteurs importants des capacités numériques futures, tandis que l'ANS (la comparaison des collections) n'est pas un prédicteur significatif.

## **6.2 Extension sur l'effet de la langue sur la compréhension de base 10**

Pour élargir l'étude sur l'effet de la langue, nous souhaitons comparer le développement de la base 10 chez les enfants vietnamiens, les enfants francophones en Belgique et en France.

Notre question de recherche est la suivante: *la transparence du système numérique vietnamien offre-t-elle un avantage aux enfants vietnamiens en ce qui concerne la représentation de base 10 des nombres ?* Des études antérieures ont montré une meilleure compréhension des Japonais sur la représentation canonique en base 10 d'un nombre (par exemple, ils sélectionnent deux blocs de dix et trois blocs de uns pour représenter le nombre 23) et la compréhension de la valeur positionnelle (par exemple, la signification du chiffre individuel dans un nombre à plusieurs chiffres) (Miura et al., 1988, 1989, 1993, 1994). Par contre, Vasilieva et collègues (2015) ont montré que les enfants Coréens et Chinois (âge moyen 6 ans et 2 mois) ne sont pas meilleurs que les enfants Britanniques et Russes (le système numérique est moins transparent que celui du coréen et du chinois) dans une tâche de représentation d'un nombre avec du matériel en base 10. Dans notre étude comparative (chapitre 5), nous avons utilisé le transcodage analogique-arabe et avons observé que la capacité à comprendre la représentation en base 10 était la même chez les élèves de première année au Vietnam et chez les enfants Belges francophones. Ces résultats contradictoires doivent être vérifiés. Sur la base d'études précédentes de Miura et de l'avantage du système numérique des asiatiques, nous prédisons que la capacité des enfants vietnamiens à représenter la base 10 est meilleure que celle des enfants francophones.

Pour mener cette étude, nous proposons une liste de 6 tâches : représenter des nombres verbaux oraux (NVO) et nombres arabes (NA) avec du matériel analogique (réglettes de dix et des cubes en bois), entourer les cubes correspondent à des NVO et des NA, transcodage, additions, au cours de deux séances individuelles d'environ 30 minutes à l'école. Les deux premiers exercices (représentation numérique) ont été utilisés dans les études précédentes (Miura et al., 1989) et se basent sur un modèle développemental du système en base dix en cinq niveaux de compréhension pour les nombres à deux chiffres (Fuson et al., 1997). Les deux exercices suivants sont aussi basés sur le modèle de Fuson (1997). Nous avons déjà récolté les données sur les enfants vietnamiens (plus de 70 enfants sur 157 ont participé à l'étude longitudinale à la fin du CP). La récolte des données auprès des enfants Belges et Français est en cours, bien qu'elle ait pris du retard suite à la problématique du Covid-19.

Les premiers résultats chez les enfants Vietnamiens à la fin du CP montrent qu'ils ont produit de nombreuses représentations différentes des nombres, comme la représentation unitaire (figure 1), la représentation canonique en base 10 (figure 2), et la représentation non canonique en base 10, par exemple « deux dix trois » → 1 réglette représentant 10 et 13 cubes. De plus, nous avons trouvé des cas particuliers dans la représentation numérique des enfants Vietnamiens, par exemple, certains enfants comptent « deux-trois » pour « deux-dix-trois » (Au Vietnam, parfois on ne prononce pas le mot « dix », mais on comprend que « deux trois », c'est « vingt-trois »). Ces enfants ont donc sélectionné 2 cubes et 3 cubes (soit 5 cubes) pour représenter le nombre dicté « deux-dix-trois ». Ces enfants ne comprennent donc absolument pas la représentation en base 10. Des études précédentes ont montré que les connaissances de la base 10 au début de l'école primaire sont un bon prédicteur des performances ultérieures en calcul (Laski, Schiffman, Shen, & Vasilyeva, 2016). Par conséquent, nous ne nous sommes pas seulement intéressées à investiguer la compréhension

de la base 10 des enfants vietnamiens dans l'approche comparative transversale avec les francophones, mais souhaitons également la considérer dans une approche longitudinale.



Figure 1. Représentation unitaire (12 cubes) pour "dix deux"



Figure 2. Représentation canonique en base 10 (2 réglettes de 10 et 3 cubes) pour "deux dix trois"

De plus, dans une approche intégrée entre l'étude longitudinale des prédicteurs et l'étude transversale de l'effet du langage sur les capacités numériques, nous voulons répondre à la question (mentionnée dans l'aperçu du projet général), *comment les difficultés mathématiques et le trouble de la dyscalculie se manifestent-ils chez les enfants qui parlent et apprennent un système numérique transparent en base 10 comme les enfants vietnamiens?*

Sur la base de deux études comparant les effets de la langue (chapitres 5 et 6), nous montrons que le système numérique vietnamien est bénéfique pour plusieurs capacités numériques telles que la capacité de comptage et celle de transcodage, car ces aspects sont tous directement liés au code d'input verbal oral. Cependant, il ne favorise pas les compétences numériques avancées telles que la capacité de comptage à partir d'un nombre, la compréhension cardinale des mots nombres, la compréhension de la magnitude des nombres et la capacité arithmétique. Ces résultats montrent que le système transparent des mots nombres présente des avantages, mais aussi des limites.

D'un autre côté, nous nous rendons compte que les erreurs de transcodage des enfants vietnamiens sont généralement des erreurs syntaxiques associées à la relation additive (ajouter le nombre 0, par exemple, « onze » → 101). Ces résultats suggèrent que, lors de l'examen des profils d'enfants vietnamiens ayant des difficultés dans le traitement numérique, les aspects tant quantitatifs que qualitatifs doivent être pris en compte. Quantitativement, nous prévoyons que les enfants Vietnamiens pourraient avoir moins de difficultés à apprendre la séquence numérique (capacité de comptage). Qualitativement, nous prévoyons dans le transcodage, des erreurs syntaxiques spécifiques liées au système numérique vietnamien. Nous suggérons que si l'enfant présente des erreurs de transcodage persistantes même après l'âge clé pour cette capacité, généralement en 3<sup>ème</sup> année (Noël & Turconi, 1999), ces erreurs devraient être considérées en lien avec la compréhension du système de base 10, de la compréhension des nombres, et du système positionnel des nombres. Par contre, lors de la dictée de nombres à plusieurs chiffres, par exemple,

« 25014 », correspondant à « hai mươi lăm nghìn không trăm mười bốn » (littéralement, « deux dix cinq mille zéro cent dix quatre ») (voir Nguyen & Grégoire, 2014), la structure numérique verbale vietnamienne reflète un ordre clair des primitives lexicales séparées par les noms des multiplicateurs (tel que mille, cent, etc). Toutefois, ces séquences verbales sont longues, ce qui pourrait impacter la qualité de leur stockage temporaire dans la boucle phonologique. Il serait ainsi intéressant de mesurer les liens entre les capacités de mémoire à court terme des enfants et leur impact sur le processus de transcoding.

Un autre aspect qu'on voudrait aborder est lié au contexte d'utilisation des grands nombres. En effet, au Vietnam, 28 000 Vietnam Dong (VND) correspondent à 1 Euro (voir figure 3). Les prix sont donc exprimés avec de très grands nombres. Nous nous demandons si ce facteur de contexte affecte la capacité des enfants vietnamiens à comprendre les grands nombres.



Figure 3. Monnaie en Vietnam Dong

### 6.3 Étude d'implication

Dans ce projet, nous avons collecté des données sur 290 enfants âgés de 42 à 64 mois (164 garçons, 124 filles). Ces données nous permettent de considérer 4 tranches d'âge : 42 à 47 mois (28 enfants), 48 à 53 mois (56 enfants), 54-59 mois (129 enfants), 60 à 64 mois (77 enfants). Ces données nous ont permis d'établir des données sur le développement du comptage et de la compréhension de la valeur cardinale du nombre pour les enfants vietnamiens (appendices C). Ces repères développementaux pourraient être publiés et rendus accessibles aux cliniciens au Vietnam. Des études ultérieures devraient rechercher des données supplémentaires sur les repères développementaux d'autres tâches numériques, par exemple, les niveaux d'élaboration du comptage de Fuson (1988).

En outre, il serait nécessaire de mener un certain nombre d'études instrumentales. En effet, à l'heure actuelle, il n'existe pas d'étude standardisée et d'outil de diagnostic pour le trouble développemental du calcul au Vietnam. Dans le cadre des activités du projet de formation, mes collègues et moi avons recueilli des données de dépistage sur la fluidité arithmétique (TTA) auprès d'élèves de la 1<sup>ère</sup> à la 6<sup>ième</sup> année. De plus, 5 étudiants et moi-même avons collecté des données avec le Tedi-Math auprès de 30 élèves de 1<sup>ère</sup> et 24 de 2<sup>ème</sup> année. D'autres recherches doivent continuer à adapter les outils de dépistage pour les jeunes

enfants, tels que The Numeracy Screener. Il s'agit d'une évaluation papier-crayon pendant 2 minutes qui mesure la capacité des enfants à comparer deux chiffres arabes. Nous recommandons également des tests utilisant l'informatique, par exemple, le test en ligne de profil mathématique (Karagiannakis & Noël, 2020).

D'autre part, à partir de recherches longitudinales, nous proposons des études d'intervention pour développer le comptage à partir d'un nombre (voir l'étude de Cankaya et al., 2014, chapitre 1), comprendre la valeur cardinale des mots nombres, comparer la magnitude des nombres symboliques sur des groupes d'enfants en difficulté, en comparaison avec un groupe témoin.

Enfin, cette thèse ne traite que de l'aspect du traitement cognitif des nombres. Des aspects émotionnels telle que l'anxiété mathématique devraient également être pris en compte afin de considérer l'enfant dans son ensemble dans le processus d'apprentissage des mathématiques.

## **7. Conclusions**

Les résultats actuels s'ajoutent à la littérature spécifique des prédicteurs des compétences arithmétiques et de l'effet de la langue sur le développement numérique, en particulier chez les jeunes enfants. A partir de l'ensemble de nos résultats, nous donnons deux conclusions liées à deux objectifs principaux de l'étude :

La première conclusion est que les capacités de traitement symbolique des nombres telles que la capacité de comptage et la compréhension de la magnitude des nombres verbaux à l'âge préscolaire sont des prédicteurs importants des compétences arithmétiques ultérieures et de l'évolution arithmétique. Nos résultats empiriques avec des enfants vietnamiens sont universels avec les études précédentes sur des enfants occidentaux.

La deuxième conclusion est que la transparence du système numérique verbal vietnamien a eu un impact positif les performances de comptage des enfants d'âge préscolaire et les performances de transcodage des élèves de première année. En revanche, le système numérique verbal français avec un lexique numérique plus complexe a des désavantages pour l'apprentissage du comptage et du transcodage des enfants francophones. La transparence du système numérique verbal apporte donc des avantages partiels spécifiques au développement numérique plutôt que des avantages généraux présents partout.