



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**Ecole Doctorale SLTC
(Sociétés, Langages, Temps, Connaissances)**

Thèse

**Présentée et soutenue publiquement pour l'obtention du titre de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE LORRAINE**

**Mention : « Psychologie du développement »
par Lara HOAREAU**

**Co-conception et acceptation des enseignants de
maternelle d'une application éducative sur tablette**

01/02/2020

Membres du jury

Directeurs de thèse

M. Jérôme DINET Pr, Université de Lorraine, 2LPN, Nancy
M. Youssef TAZOUTI Pr, Université de Lorraine, 2LPN, Nancy

Rapporteurs

M. Franck AMADIEU Pr, Université de Toulouse, CLLE, Toulouse
M. Pascal MARQUET Pr, Université de Strasbourg, LISEC, Strasbourg

Examineurs

Mme Mireille BETRANCOURT Pr, Université de Genève, TECFA, Genève
Mme Annette JARLEGAN Pr, Université de Lorraine, LISEC, Nancy

Membres invités

Mme Yannick BOUCHE, Inspectrice de l'Education Nationale

**Laboratoire Lorrain de Psychologie et Neurosciences de la Dynamique des
Comportements (2LPN, EA 7489)**



Le projet LINUMEN ainsi que cette thèse sont financés par la Caisse des Dépôts via l'appel à projets e-FRAN (Espaces de formation, de recherche et d'animation numérique) dans le cadre du programme PIA 2 (Programme d'Investissement d'Avenir 2). Les autorités de l'académie Nancy-Metz sont aussi impliquées dans ce projet, et nous les remercions de leur soutien.

Remerciements

Pour commencer, j'aimerais adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué au développement et à la mise en place du projet LINUMEN. La réalisation de cette thèse n'aurait pas été possible sans le soutien de plusieurs personnes.

Je remercie mes deux directeurs de thèse, Jérôme Dinet et Youssef Tazouti qui m'ont fait confiance pour l'accomplissement de cette thèse. Grâce à eux, j'ai pu intégrer l'équipe LINUMEN, le laboratoire 2LPN et travailler sur ma thèse dans les meilleures conditions possibles. Merci du soutien et des conseils qui me permettent de mieux appréhender la vie universitaire. Une mention spéciale à Youssef qui a dû supporter ma présence étant donné notre implication commune dans le projet et la proximité des bureaux. Par son éthique de travail et sa bienveillance, je pense avoir évolué en tant que personne. Son implication dans LINUMEN et dans le travail de thèse est phénoménale, et le résultat actuel ne serait certainement pas ce qu'il est sans lui. Il m'a motivé à aller de l'avant dans des périodes qui n'étaient pas faciles du tout, et je pense avoir de la chance d'avoir pu collaborer à ses côtés.

Merci à M. Franck Amadiou et M. Pascal Marquet de me faire l'honneur d'être les rapporteurs de cette thèse. Je remercie également Mme Mireille Betrancourt et Mme Annette Jarlégan d'avoir accepté de participer à mon jury de soutenance. Je souhaite remercier Mme Yannick Bouché, Inspectrice de l'Éducation Nationale, de prendre part à ce jury de thèse.

Je remercie également l'ensemble des membres de l'équipe de co-conception avec qui j'ai eu le plaisir de collaborer et d'échanger lors du développement des applications. J'admire la passion dont ont fait preuve les acteurs éducatifs, leur envie de faire de leur mieux pour les enfants. J'ai aussi surtout beaucoup apprécié leur bienveillance et leurs encouragements qui m'ont fait faire sentir partie d'une équipe.

Bien entendu, cette thèse n'aurait pas non plus été possible sans la participation des enfants, l'accord de leurs parents, et à l'investissement des enseignants impliqués dans le cadre du projet LINUMEN. Les enseignants ayant participé à la phase expérimentale se sont aussi montrés très bienveillants malgré les conditions difficiles de l'expérimentation, mais n'ont pas hésité à se montrer honnête et critique, ce qui nous a permis d'avancer.

Je souhaite également remercier les étudiants de L3 Psychologie et les M2 PEPA qui ont participé en tant qu'enquêteurs pour LINUMEN et ont permis de recueillir une bonne partie des données.

Je souhaite également remercier Mr Fabien Schneider, directeur de l'INSPE de Lorraine, pour son soutien vis-à-vis du projet LINUMEN.

Je remercie Alexandre Aubry, Christophe Luxembourger et Gabrielle Parmentier pour leur relecture de ce manuscrit et les conseils qu'ils m'ont apporté pour l'améliorer.

Mes remerciements vont également à Aude Thomas qui fait aussi partie du projet et a vécu sa thèse à mes côtés. Sa présence a été précieuse pour l'avancement du projet, et a rendu ces trois années de thèse vivables et agréables. Son soutien a été énorme et ce fut un plaisir d'avoir pu travailler avec elle. Merci de m'avoir supporté. J'espère que nous pourrions rester amis.

Pour finir, je remercie bien entendu mes proches, ma famille et mes amis, qui m'ont supporté et m'ont apporté du réconfort en dehors du travail de thèse.

Résumé

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre du projet LINUMEN (Littératie et NUMératie Emergentes par le Numérique), lauréat de l'appel à projets e-FRAN (PIA2). Ce projet avait pour objectif de développer et tester une application éducative sur tablette numérique à l'usage d'enfants dans le contexte de la maternelle. Pour ce faire, le travail s'est divisé en deux phases : une première phase de co-conception et une seconde phase d'expérimentation. Durant les premières années du projet (mars 2017 - octobre 2018) une équipe pluri-catégorielle constituée de chercheurs, d'acteurs éducatifs et d'ingénieurs en informatique ont participé à la co-conception de l'application éducative AppLINO (Apprendre avec Linou en maternelle). La phase d'expérimentation de ce projet (octobre 2018 - juin 2020) consistait à tester AppLINO selon une méthodologie quasi-expérimentale et longitudinale. Les enseignants du groupe expérimental utilisaient l'application AppLINO avec leurs élèves alors que, dans le groupe contrôle, les enseignants suivaient les programmes de l'école maternelle sans modification dans leur pratique. L'étude a porté sur 725 élèves de maternelle, scolarisés en moyenne section (356 filles et 369 garçons). Des mesures des compétences en littératie et en numératie émergentes ont été réalisées en début et en fin d'année.

Les objectifs de la thèse sont liés à ces deux phases. Concernant la phase de co-conception, les objectifs du travail de thèse étaient de définir dans un premier temps le cadre théorique de co-conception. Dans un second temps, il s'agissait de participer, de décrire et d'analyser les différentes étapes de la co-conception. Concernant la phase d'expérimentation, les objectifs étaient d'étudier l'acceptance de l'application éducative AppLinou par les enseignants du groupe expérimental. Ces enseignants du groupe expérimental ont été recrutés sur la base du volontariat et ont suivi des formations afin de pouvoir utiliser l'application.

Nos résultats montrent que l'application AppLinou est bien acceptée par les enseignants. Cependant, des variables modèrent cette acceptation, comme le lieu d'exercice. En effet, les enseignants exerçant en réseau d'éducation prioritaire (REP) présentent des scores d'acceptation significativement plus bas que les enseignants exerçant en dehors des REP. Par ailleurs, des analyses de régression multiniveaux ont permis de montrer que l'acceptation de l'application par les enseignants avait un impact positif sur les performances des élèves.

Mots clefs : application éducative, acceptation, école maternelle, co-conception

Abstract

This PhD work is part of the LINUMEN project (*Littérature et NUMératie Emergentes par le Numérique*), laureate of the e-FRAN call for projects (PIA2). The objective of this project was to develop and test an educational app for children in the context of kindergarten. To do this, the work was divided into two phases: a first phase of co-design and a second phase of experimentation. During the first years of the project (March 2017 - October 2018) a multidisciplinary team consisting of researchers, educational actors and IT engineers participated in the co-design of the educational app called AppLINOU (*Apprendre avec Linou en maternelle*). The experimentation phase of this project (October 2018 - June 2020) consisted in testing AppLINOU according to a quasi-experimental and longitudinal methodology. The teachers in the experimental group used AppLINOU with their students, while in the control group, the teachers followed the usual kindergarten curriculum without any changes in their practice. The study involved 725 kindergarten students scholarized in 'moyenne section' (356 girls and 369 boys). Measures of emergent literacy and numeracy skills were taken at the beginning and end of the year.

The objectives of this thesis are linked to these two phases. Concerning the co-design phase, the thesis goals were to first define the theoretical framework of co-design. In a second time, it was to participate, describe and analyze the different stages of co-design. Concerning the experimentation phase, the goals were to study the acceptance of the educational app AppLinou by the teachers of the experimental group. These teachers from the experimental group were recruited on a voluntary basis and received training to be able to use the application.

Our results show that the AppLinou application is well accepted by teachers. However, there are variables that moderate this acceptance, such as the location of practice. Indeed, teachers working in a 'Réseau d'éducation prioritaire' (REP) have significantly lower acceptance scores than teachers working outside REPs. Furthermore, multilevel regression analyses showed that teachers' acceptance of the application had a positive impact on students' performance.

Key words: educational app, acceptance, preschool, co-design

Table des matières

Table des matières	6
Introduction	8
Chapitre 1 L'usage du numérique et de la tablette à l'école	14
1.1 Rôle du numérique à l'école	15
1.1.1 Implémenter le numérique et l'école	15
1.1.2 Perceptions du numérique.....	20
1.2 La tablette numérique.....	24
1.2.1 Définition et spécificités de l'outil	24
1.2.2 Les applications éducatives	27
1.3 Les applications éducatives pour développer la LE et NE.....	29
1.3.1 Littératie Emergente	29
1.3.2 Numératie Emergente	33
Chapitre 2 La co-conception d'une application éducative	36
2.1 Apprentissages par le numérique : les modèles théoriques.....	37
2.1.1 Les quatre piliers des apprentissages	37
2.1.2 L'Entertainment Education Paradigm (EEP).....	39
2.1.3 Feedbacks et étayage	39
2.1.4 L'interaction parasociale	41
2.2 La co-conception.....	43
2.2.1 Le <i>Research, Practice and Design framework</i>	43
2.2.2 La méthode agile.....	46
2.3 Article 1 : <i>Co-designing a new educational tablet app for preschoolers</i>	48
Chapitre 3 Evaluation de l'acceptance de l'application AppLinou.....	66
3.1 Présentation du projet LINUMEN	66
3.1.1 Les objectifs du projet	66

3.1.2	La phase de co-conception.....	66
3.1.3	La phase expérimentale	67
3.1.4	Les mesures réalisées.....	68
3.1.5	L'utilisation de l'application AppLINOU dans les classes.....	70
3.1.6	Résultats de l'expérimentation	71
3.2	Acceptance des nouvelles technologies	71
3.2.1	Des modèles de l'acceptabilité et de l'acceptance.....	72
3.2.2	L'acceptance dans le domaine de l'éducation	80
3.3	Article 2 : <i>Beliefs about Digital Technologies and Teachers' Acceptance of an Educational App for Preschoolers</i>	83
Chapitre 4	Liens entre l'acceptance des enseignants d'une application éducative et les performances des élèves en littératie et en numératie émergentes	104
Discussion	127
5.1	La co-conception de l'application AppLinou.....	127
5.1.1	Cadre théorique de la co-conception	127
5.1.2	Les étapes de la co-conception	128
5.2	Acceptance de l'application	130
5.2.1	Outil d'évaluation de l'acceptance de l'application AppLinou des enseignants dans le cadre LINUMEN.....	130
5.2.2	Variables modératrices de l'acceptance de l'application par les enseignants	131
5.2.3	Liens entre l'acceptance de l'application éducative par les enseignants et les apprentissages des élèves en LNE.....	131
5.3	Limites et perspectives	131
5.3.1	Phase de co-conception.....	132
5.3.2	Phase expérimentale	132
Conclusion	133
Bibliographie	135

Introduction

Les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) sont de plus en plus encouragées à être utilisées dans le milieu scolaire par les gouvernements à l'échelle mondiale, car il est important de savoir les maîtriser à l'ère du numérique (OCDE, 2015). En France, plus spécifiquement, des lois et plans sont mis en place par le Ministère de l'Education nationale afin d'équiper les écoles à tous les niveaux (Ministère de l'Education Nationale [MEN], 2015).

La tablette numérique fait partie de ces nouveaux objets qui a connu un pic de popularité en 2012 (ZDNet, 2012), trouvant sa place tout d'abord dans les foyers. Ensuite, l'usage des tablettes s'est répandu dans les écoles. Grâce à leurs propriétés ergonomiques, les tablettes tactiles permettent aux enfants d'interagir plus facilement avec le monde numérique dès leur plus jeune âge (Marsh et al., 2015 ; Merchant, 2015). En effet, les tablettes diffèrent des ordinateurs traditionnels par leur poids plus léger et leur caractère transportable. Contrairement aux ordinateurs commandés par souris qui nécessitent un plus grand contrôle de la motricité fine, les enfants dès leur plus jeune âge réalisent des actions tactiles comme taper, glisser ou glisser-déposer. Les caractéristiques multimodales des tablettes (c'est-à-dire, les sons, les animations et le texte) attirent de surcroît l'attention des jeunes enfants de manière multisensorielle en stimulant les sens visuel, auditif, kinesthésique et tactile (Roskos et al., 2014). Ainsi les tablettes éliminent des obstacles opérationnels et offrent des possibilités d'apprentissage et une interactivité importante au cours des premières années notamment dans la salle de classe (Merchant, 2015 ; Sheehan & Uttal, 2016).

Des recherches ont essayé de déterminer si l'utilisation des écrans tactiles dans le cadre de l'enseignement entraîne une amélioration des résultats d'apprentissage des jeunes enfants. Certaines études ont montré un effet bénéfique sur les résultats d'apprentissage des jeunes enfants (e.g. Papadakis et al., 2018b ; Patchan & Puranik, 2016 ; Schacter & Jo, 2016 ; Wang et al., 2016). D'autres études n'ont pas trouvé d'effet bénéfique sur les résultats d'apprentissage (e.g. Piotrowski & Krcmar, 2017 ; Schroeder & Kirkorian, 2016 ; Zipke, 2017). De même, un certain nombre d'études ont indiqué que l'apprentissage sur écran tactile ne montrait pas de supériorité par rapport à d'autres méthodes d'apprentissage plus traditionnelles, comme

l'apprentissage avec des objets physiques (Huber et al., 2016) ou sur papier (Kwok et al., 2016). Dans leur méta-analyse Xie et al. (2018) montrent que les situations d'apprentissages impliquant l'usage de la tablette sont plus bénéfiques comparativement aux autres situations ne l'utilisant pas. La tablette s'avèrerait aussi plus efficace dans l'apprentissage des matières technologiques, scientifiques et mathématiques. Enfin, les enfants apprendraient mieux avec la tablette dans un environnement classe plutôt qu'en laboratoire.

Des études ont montré également que l'utilisation d'applications éducatives auprès des enfants d'âge préscolaire peut avoir un impact positif sur les compétences les compétences de littératie émergente (LE) et numératie émergente (NE) (e.g. Griffith et al., 2020, Neumann et al., 2016). La LE correspond à un ensemble de connaissances, de compétences et d'attitudes qui sont des précurseurs développementaux de la lecture et de l'écriture (Snow et al., 1998 ; Whitehurst & Lonigan, 1998). Celle-ci renvoie donc aux premières acquisitions des jeunes enfants concernant le langage oral et écrit et son utilisation. Pour considérer une compétence comme étant une compétence en LE, celle-ci doit être présente dès la période préscolaire¹ et doit être corrélée et prédictive des compétences ultérieures (Lonigan & Shanahan, 2009). La NE renvoie à un ensemble de compétences mathématiques précoces comme le dénombrement ou la quantification qui sont préalables au développement des compétences mathématiques plus complexes (e.g. Sarama & Clements, 2009). De nombreuses recherches montrent que les compétences en LE et en NE sont prédictives des compétences académiques ultérieures (Duncan et al., 2007 ; Jordan et al., 2009 ; National Early Literacy Panel [NELP], 2008).

Cependant, l'introduction des écrans tactiles dans les classes de maternelle a été accompagnée d'un débat sur les intérêts et les risques que cela représente pour les enfants d'âge préscolaire. Des inquiétudes ont été soulevées quant à l'impact du temps d'usage des écrans sur l'apprentissage et le développement des jeunes enfants (Greenfield, 2015 ; Sigman, 2012). L'American Academy of Pediatrics (2016) recommande que le temps d'écran des enfants âgés de 2 à 5 ans soit limité à une heure par jour d'expériences médiatiques de haute qualité (c'est-à-dire, présence de l'adulte et usage actif). Dans ce sens, il est important que les parents et les éducateurs supervisent l'utilisation des écrans afin de favoriser un développement sain (Neumann, 2015). Ces préoccupations ont eu probablement des effets sur les opinions des

¹ Dans ce manuscrit, nous utilisons le terme préscolaire pour parler plus largement des enfants de trois à six ans scolarisés dans différents pays.

enseignants du préscolaire concernant l'intégration des tablettes tactiles en classe (Blackwell et al., 2013 ; Wang & Hoot, 2006).

Dans leur méta-analyse, Archer et al. (2014) soulignent que l'efficacité d'un outil numérique peut être augmentée par l'apport d'une formation et d'un accompagnement des enseignants. De leur côté, Stockless et al. (2018) montrent que la maîtrise d'un outil numérique par les enseignants impacte son implémentation et son utilisation pédagogique en classe. De même, Yelland (2018) souligne le fait que les nouvelles technologies ne doivent pas être vues comme des remplacements ou en compétition avec les autres outils pédagogiques de la classe. Au contraire, elles doivent être acceptées comme des outils complémentaires à la pratique et offrant des modalités variées d'apprentissage. En effet, les applications éducatives peuvent présenter des nouvelles opportunités d'apprentissage à conditions de posséder des qualités pédagogiques comme par exemple l'explicitation des consignes ou encore la présence de feedbacks (Hirsh-Pasek et al., 2015) et que leur utilisation en classe soit l'objet d'une programmation pédagogique (Neumann, 2018).

Ce travail de thèse a été effectué dans le cadre du projet LINUMEN (Littératie et NUMératie Emergentes par le Numérique) qui a été retenu dans le cadre de l'appel à projets e-FRAN (Espaces de formation, de recherche et d'animation numérique). Il s'inscrit dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir 2. L'objectif principal de ce projet était de construire des outils sur tablette tactile destinés à accompagner l'action des enseignants de maternelle dans le développement des compétences émergentes des élèves. Ce projet s'est déroulé en deux phases : une phase de co-conception et une phase d'expérimentation. Après plus d'une année de co-conception, impliquant différents acteurs (enseignants chercheurs, enseignants, conseillers pédagogiques, inspectrice de l'éducation nationale et enseignante référente pour les usages du numériques), deux applications ont vu le jour : une application permettant de mesurer les compétences en littératie et en numératie émergentes des élèves de moyenne et de grande section de maternelle (LINUMEN Evaluation) et une application éducative comportant différentes activités (AppLINO : Apprendre avec LINO en maternelle). L'application AppLINO a pour objectif de développer les compétences en littératie et en numératie émergentes des élèves âgés de quatre à six ans. Lors de la seconde phase d'expérimentation l'application AppLINO a été testée selon une méthodologie expérimentale et longitudinale.

Cette thèse se propose d'étudier le développement et l'évaluation de l'acceptance de l'application d'AppLINO. Ainsi, lors de la phase de co-conception, les objectifs du travail de thèse étaient de définir dans un premier temps le cadre théorique de co-conception. Dans un second temps, il s'agissait de participer, de décrire et d'analyser les différentes étapes de la co-conception. Partant du constat que peu de projets impliquent une collaboration entre chercheurs, acteurs éducatifs et développeurs, Kucirkova (2016) a établi le *Research, Practice and Design framework* (iRPD). Ce modèle nous a servi de cadre théorique tout au long de la phase de co-conception.

Par ailleurs, il existe un nombre conséquent d'applications s'auto-proclamant « éducatives » dans les Appstores à disposition des parents ou des enseignants. Près de 1000 applications sont même ajoutées tous les jours (Judge et al., 2015). Or, la plupart de ces applications présentent surtout un but commercial. Elles n'ont pas de plus-values pédagogiques et ne sont pas toujours adaptées au niveau des enfants, n'offrant pas apprentissage durable (Papadakis et al., 2018a ; Hirsh-Pasek et al., 2015 ; Watlington, 2011). Ainsi pour développer notre application, nous nous sommes basés sur les quatre piliers d'apprentissage proposé par Hirsh-Pasek et al. (2015) à savoir : l'apprentissage actif, l'engagement, la mise en sens et l'interaction sociale. Ces quatre piliers augmentent l'efficacité des applications éducatives pour les apprentissages.

Lors de la phase d'expérimentation le travail de thèse s'est intéressé à l'acceptance de l'application APPLINO. Nous nous sommes attachés à répondre à trois questions :

1) Comment évaluer l'acceptance de l'application APPLINO par les enseignants dans le cadre de l'expérimentation ?

2) Quelles sont les variables modératrices de l'acceptance de l'application par les enseignants ?

La notion d'acceptance se réfère aux facteurs en jeu lors du choix d'adopter ou non un outil numérique lorsqu'il est déjà présent et utilisé dans un environnement donné. Les modèles théoriques de l'acceptance ont évolué durant les dernières décennies (Alexandre, et al. 2018). A titre d'exemple le modèle TAM (*the technology acceptance model*) proposé par Davis (1993),

a subi plusieurs modifications pour aboutir au TAM-3 (Venkatesh & Bala, 2008). Les modèles insèrent de plus en plus des variables explicatives de l'acceptance et soulignent la complexité du concept.

Dans leur revue systématique des travaux sur l'évaluation de l'acceptance dans le champ de l'éducation, Granić et Marangunić (2019) montrent que le TAM est largement appliqué. Cependant, il existe d'une part peu de travaux sur le niveau préscolaire. Et, d'autre part, la plupart des recherches se focalisent sur l'acceptance des apprenants et peu sur celle des enseignants. Par ailleurs, les outils utilisés pour évaluer l'acceptance sont divers et variés et dépendent du contexte de l'étude et de la nature de l'outil utilisé.

3) Quels sont les liens entre l'acceptance de l'application éducative par les enseignants et les apprentissages des élèves en LNE ?

A notre connaissance peu de recherches se sont intéressées à examiner les liens entre l'acceptance des enseignants et les performances des élèves notamment en préscolaire. La plupart des travaux se sont focalisés sur l'acceptance des applications éducatives (Granić & Marangunić, 2019) ou encore sur leurs contributions aux apprentissages des élèves (Griffith et al., 2020) de manière indépendante.

Afin de répondre à ces interrogations, le premier chapitre de cette thèse est consacré à définir la place du numérique à l'école. L'histoire de l'implémentation des outils numériques à un niveau mondial, puis spécifiquement en France, sera abordée. Nous nous focaliserons ensuite sur l'outil tablette, définissant tout d'abord ses propriétés en comparaison des autres outils numériques, puis en s'intéressant plus en détail sur l'intérêts des applications éducatives. Nous verrons enfin leur rôle sur le développement des apprentissages en littératie et en numératie émergentes. Dans le chapitre 2, nous présenterons des modèles théoriques concernant les apprentissages spécifiquement par le numérique. Ces modèles théoriques sont encouragés à être pris en compte pour favoriser un apprentissage durable par les élèves. Ensuite, nous présenterons les modèles théoriques de la co-conception et leurs intérêts pour le développement des applications éducatives. A la suite de ces premiers chapitres, l'article 1 présentera le travail de co-conception qui a permis de développer l'application AppLinou. Dans le chapitre 3, nous définirons à travers différents modèles l'acceptance des nouvelles technologies. Nous nous

intéresserons à l'acceptance dans le domaine de l'éducation. L'article 2 présentera notre étude concernant l'acceptance de l'application AppLinou par les enseignants et le lien entre leur acceptance et leurs croyances envers le numérique. Dans le chapitre 4, nous aborderons la question du lien entre les performances des élèves et l'acceptance de l'application par les enseignants. Cette question est peu étudiée dans la littérature. Ainsi, l'article 3 présentera les premiers résultats dans ce domaine. Enfin, nous terminerons sur une discussion ainsi qu'une conclusion de ce travail de thèse.

Chapitre 1 L'usage du numérique et de la tablette à l'école

Introduction

Depuis le début du XXI^{ème} siècle, les outils numériques sont encouragés à être de plus en plus utilisés dans les écoles (OCDE, 2015). Plus spécifiquement, en France, des mesures et lois ont été mises en place spécialement à ce sujet. Le « Plan numérique pour l'éducation » de 2015 avait trois objectifs : (1) « développer des méthodes d'apprentissages innovantes pour favoriser la réussite scolaire et développer l'autonomie », (2) « former des citoyens responsables et autonomes à l'ère du numérique » ; et (3) « préparer les élèves aux emplois digitaux de demain » (MEN, Le numérique au service de l'École de la confiance). Ce plan a exprimé un souhait de lutte contre la grande disparité territoriale et sociale dans l'accès aux outils numériques au sein du contexte scolaire. Il était notamment envisagé d'équiper un maximum d'écoles et collèges de tablettes numériques pour la rentrée 2016, le but étant que « plus de 175 000 élèves seront dotés de tablettes numériques ».

Si la littérature scientifique s'accorde majoritairement à dire que les outils numériques peuvent avoir un rôle positif sur les apprentissages émergents des enfants (e.g. Papadakis et al., 2018a), certains auteurs sont plus réservés quant aux impacts réels et effectifs de ces outils sur les apprentissages (Amadiou & Tricot, 2013). Depuis son implémentation dans les classes, la place du numérique à l'école reste une question controversée. Les acteurs éducatifs (c'est-à-dire enseignants, parents, concepteurs d'applications, chercheurs, etc.) peuvent se questionner sur la portée éducative des outils numériques utilisés auprès de jeunes enfants.

Dans ce chapitre, le numérique à l'école, ou plus précisément les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE), sera tout d'abord défini. Leur usage dans les établissements scolaire a été encouragé par les gouvernements, et des exemples de moyens élaborés seront présentés. Toutefois, l'engouement pour le numérique soulève des questions notamment concernant ses effets sur le développement et les apprentissages des enfants. Enfin, étant donné le cadre de la thèse, un focus sur l'outil tablette et sur les résultats de la recherche concernant son efficacité dans le développement des apprentissages premiers sera abordé.

1.1 Rôle du numérique à l'école

1.1.1 Implémenter le numérique et l'école

1.1.1.1 Définition du numérique

Le numérique se réfère aux « systèmes, dispositifs ou procédés employant ce mode de représentation discrète, par opposition à analogique » (Dictionnaire Larousse en ligne). En anglais, il est traduit par « digital » prenant en compte ainsi bien plus que l'informatique, mais aussi les outils de télécommunications (téléphone, radio, télévision, ordinateur) et internet.

Un autre terme qui est de plus en plus utilisé pour se référer au numérique est celui des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). De nombreux auteurs ont tenté de donner une définition des TIC et celle-ci a pu évoluer avec le temps. Cependant, selon Mastafi (2016), définir les TIC est une tâche difficile, amenant les auteurs à donner des définitions ambiguës et non consensuelles. En se basant sur les travaux existants, cet auteur propose la définition suivante selon une approche utilitariste :

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) constituent un ensemble de technologies regroupant principalement de l'informatique (matériels et logiciels) permettant le traitement et le stockage de l'information, de la microélectronique, de télécommunication, les réseaux en particulier, permettant l'échange, le partage et la transmission de l'information et de techniques évoluées du multimédia et de l'audiovisuel combinés aux télécommunications permettant la communication (notamment la téléphonie fixe et mobile et la visioconférence) et la diffusion de l'information (notamment la radio, la télévision numérique, les sites Interne, etc.). (Mastafi, 2016, p.3-4).

L'utilisation des TIC s'est démocratisée dans de nombreux domaines, et notamment dans celui de l'éducation. L'abréviation est publicisée par l'Etat en 1997 à la suite du plan pour les « nouvelles technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement ». Elle deviendra ensuite plus spécifiquement l'abréviation TICE pour Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement. Un rapport du Ministère de l'Education Nationale (Alluin, 2010) montre que les TIC peuvent être utilisées pour des

objectifs pédagogiques variés et que leur utilisation est différente entre l'enseignant et l'apprenant. Le corps enseignant utilise ainsi les TIC le plus souvent pour la recherche d'information et l'élaboration de supports de cours ou d'exercices. De même, les élèves utilisent essentiellement les TIC pour la recherche d'information. Or, les outils inclus dans les TIC sont très vastes. Ils comprennent : les logiciels, les didacticiels, les plates-forme d'apprentissage en ligne, les Espaces Numériques de travail (ENT), les tableaux numériques interactifs (TNI), les tablettes interactives, les smartphones, les objets connectés, les réseaux sociaux, le développement du travail collaboratif, le codage, les manuels numériques, les jeux sérieux (*serious game*, en anglais), etc...

Afin de mieux comprendre l'état de l'appropriation des TIC dans le domaine de l'éducation, nous allons nous pencher sur l'histoire de leur implémentation dans les écoles en France.

1.1.1.2 L'implémentation du numérique dans le milieu de l'éducation

L'usage des TICE est incité dès la fin du XXème siècle sous l'influence des pays membres de l'Union Européenne (UE), de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) et de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC).

Dès 2000, l'idée de développer un diplôme européen « pour les compétences de base en technologies de l'information » est généralisée avec la demande de permettre l'accès à Internet et autres ressources technologiques dans les écoles tout en formant les enseignants à leur utilisation (Charvet, 2007). C'est le début de la mise en place des recommandations et réglementations de l'UE ainsi que l'élaboration de divers programmes liés à l'usage des TICE.

La première motivation pour l'installation des TICE est économique. Cette installation est impliquée dans le processus d'industrialisation de la formation qui contribue à rationaliser les systèmes éducatifs et à changer de paradigme où l'accompagnement à la modernisation devient obligatoire. (Inaudi, 2017 ; Moeglin, 2005).

En France, les premiers plans d'équipements et de formations au numérique commencent dès 1970. Ces plans ont pour objectif de « favoriser l'égalité des chances » et de

casser la « fracture numérique » que George (2004) définit comme les inégalités en matière d'information et de communication rapportées à l'usage des outils technologiques. Selon Marquet (2003), l'évolution de la conception des TICE s'est faite en trois temps : la technicisation, la médiatisation, l'instrumentation. L'idée principale de ces premiers plans était l'équipement des locaux par des ordinateurs. La conception des technologies est ici dite « technicisée », car on croit que la seule présence de ces nouveaux outils indépendamment de l'enseignant et de l'environnement va permettre les apprentissages (Marquet, 2003). Plus tard, la conception devient « médiatisée », car les TICE sont vus comme des instruments de médiatisation des savoirs de la même façon que les livres. Très rapidement, dès les années 2000, la conception devient « instrumentée », donnant lieu à une intégration des TICE qui se veut réfléchie dans le milieu d'apprentissage et prenant en compte les enseignants et les élèves. Les dimensions pédagogiques de l'utilisation des TICE est de plus en plus prises en compte. Autrement dit, les enseignants et les apprenants doivent être accompagnés dans l'appropriation des TICE.

Ainsi, l'informatique devient une option enseignée au collège et au lycée et l'usage du numérique y est beaucoup plus avancé, notamment avec le développement des plateformes Environnements Numériques de Travail (ENT) (Poyet, 2016). Les compétences mathématiques sont à valider dans la formation initiales C2ie. Cependant, un retard d'équipement dans les écoles primaires étant observé, un nouveau Plan National d'équipement numérique des écoles est mis en place en 2008. De 2007 à 2010, le Plan Technologique pour une éducation de qualité a pour objectif de former les enseignants aux TICE et d'équiper les écoles dès la maternelle. En 2011, c'est un plan pour développer l'enseignement de la lecture, de l'écriture et des mathématiques par le biais des outils technologiques qui est lancé. Il a permis d'accroître l'utilisation des Tableaux Blancs Interactifs (TBI) comme nouveaux outils dans les classes. L'acquisition de compétences en lien avec l'usage des TICE est actée dans le référentiel de compétences de l'enseignant depuis 2010 (MEN, Le référentiel de compétences des métiers du professorat et de l'éducation). Du côté de l'élève, cela fait partie du socle commun de connaissances de compétences et de culture qui identifie les connaissances et les compétences indispensables à acquérir en fin de scolarité. Dans le domaine 2 « les méthodes et outils pour apprendre », il est demandé aux élèves d'apprendre à utiliser les outils numériques (MEN, Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture). La volonté d'intégrer le numérique dans les écoles apparaît dans les nouveaux programmes d'enseignement de l'école

maternelle de 2015. Parmi les domaines d'enseignement, celui correspondant à « Explorer le monde du vivant, des objets et de la matière. » contient une rubrique « Utiliser des outils numériques ». Selon le Ministère de l'éducation nationale de la jeunesse (2015), l'école détient un rôle important pour donner des repères de compréhension du numérique aux élèves et ainsi les aider à les utiliser de manière adaptée.

Des lois et programmes ont donc été mis en place par l'Etat dans l'optique de favoriser l'implémentation du numérique à tous les niveaux scolaires. L'étude PROFETIC (PROFesseurs Et Technologies de l'Information et de la Communication) de 2012 menée par le Ministère de l'Education Nationale montre que 97% du personnel enseignant jugent utile l'utilisation des TICE à l'école, alors que 5% les utilisent quotidiennement en classe (MEN, 2012). Dans le rapport de 2018, si 98% des enseignants déclarent cette fois utiliser le numérique, la majorité ne le font que pour des fonctions simples de projections ou de recherche internet (MEN, 2018). Un enseignant sur dix n'utilise les TICE que pour la préparation de cours en amont. Ils ne sont ainsi pas souvent utilisés directement pour les apprentissages, que ce soit dans le secondaire ou le primaire (MEN, 2018, 2017).

Il semble y avoir une contradiction entre les demandes politiques et les activités pédagogiques établies en classe. Les formations proposées aux enseignants semblent ne pas être suffisantes pour leur permettre d'accepter et manipuler les équipements informatiques. De plus, Inaudi (2017) pointe le fait que « l'injonction à l'usage et l'évaluation de l'impact pédagogique sont parfois mal venues pour ceux qui doivent au quotidien se servir des outils avec les élèves et qui perçoivent avant tout le dispositif comme une opération médiatique et politique » (p.76). La conception « instrumentée » comme définie par Marquet (2003) est prise en compte, mais n'est pas complètement intégrée dans la réalité du terrain.

Les TICE sont présents dans les classes, leur utilisation est encouragée et démocratisée dans toute la France. Nous avons vu que même si l'usage des outils numériques se développe, il reste non-fréquent et surtout focalisé par les enseignants du secondaire pour la préparation de cours. L'utilisation dans le primaire reste moins fréquente (Wartella et al., 2010) alors qu'elle serait tout autant à encourager. Cependant, ces pratiques tendent à changer et les nouvelles générations d'enseignants intègrent de plus en plus le numérique à leurs pratiques. Il y a une généralisation de l'usage d'outils en ligne. L'usage du numérique dans le primaire reste

néanmoins différente de celui dans le secondaire étant donné les spécificités de l'éducation des plus jeunes enfants. Ces spécificités et possibilités que peut proposer le numérique pour l'école maternelle vont ainsi être abordés dans la partie suivante.

1.1.1.3 *Le numérique pour l'école maternelle*

L'usage du numérique pour les élèves de maternelle permet de leur faire découvrir un nouveau support pédagogique et de diversifier leur expérience en parallèle des outils habituellement utilisés en classe. Les nouvelles technologies ne devraient pas être vues comme des remplacements ou en compétition avec les autres outils pédagogiques de la classe. Au contraire, elles devraient être vues comme des outils complémentaires à la pratique et offrant des modalités variées d'enseignement et d'apprentissage (Yelland, 2018). De plus, étant donné l'omniprésence des technologies au quotidien, l'enseignant détient un rôle parallèle à celui de la famille pour accompagner au plus tôt les enfants dans leur découverte et utilisation réfléchies des nouvelles technologies.

Si les TICE offrent aux enseignants de nouveaux moyens pédagogiques pour varier leur pratique, leur usage peut aussi s'avérer pertinents pour développer les apprentissages scolaires. Vernadakis et al. (2006) concluent avec leur étude sur l'usage de *Computer Assisted Instruction* (CAI) pour les enfants d'âge préscolaire que le numérique permet une interactivité qui est importante pour apprendre. Le numérique permet aussi un accompagnement individualisé de l'élève en fonction de ses compétences. Cependant, pour que ce soit efficace, le but pédagogique d'une activité doit rester explicite et adapté à l'âge de l'enfant (Hirsh-Pasek, 2015). C'est-à-dire que l'enfant doit être conscient de l'intention d'apprendre quelque chose via l'outil numérique et qu'il ne s'agit pas seulement d'une activité récréative. Afin de faciliter la compréhension de l'outil numérique et cette explicitation des apprentissages, la formation des enseignants est essentielle.

Il existe diverses façons de mettre à contribution les TICE dans les apprentissages à la maternelle. Gentilhomme et al. (2002) proposent différents types d'usage en fonction des objectifs pédagogiques. Des logiciels d'écriture ou de dessin sur la tablette ou l'ordinateur peuvent permettre à l'enfant d'être initié à la production de texte et aux arts plastiques. Les documentaires et la recherche internet lui permettent d'explorer le monde de l'image. Les livres

animés et les vidéos favorisent l'écoute et le langage oral. Il existe aussi des exercices numérisés qui peuvent les accompagner dans leurs apprentissages instrumentaux des chiffres, des lettres ou des sciences. Cependant, l'implémentation des TICE peut connaître un frein du côté des parents et des enseignants du fait de leur image négative souvent véhiculée par les médias.

1.1.2 Perceptions du numérique

1.1.2.1 *Les effets du temps d'écran : mythe ou réalité ?*

La question des effets des écrans sur les enfants a intéressé de nombreux chercheurs. Les écrans regroupent tous les appareils technologiques tels que la télévision, l'ordinateur, le smartphone ou la tablette. Des travaux ont montré qu'une exposition précoce à certaines émissions télévisées serait liée à de mauvaises performances scolaires (e.g. Fitzpatrick et al., 2012) et à des difficultés attentionnelles (e.g. Swing et al., 2010 ; Tamana et al., 2019). La méta-analyse de Adelantado-Renau et al. (2019) constate des liens négatifs entre les résultats scolaires et l'usage de la télévision et des jeux-vidéos. Des liens négatifs ont aussi été observés entre le temps passé par l'enfant devant la télévision et le retard de développement (e.g. Madigan et al., 2019) ; l'incitation aux comportements violents (e.g. Huesmann et al., 2003), des faibles résultats scolaires (Ribner et al., 2017) et aux fonctions exécutives (Lillard, 2011).

Ces résultats négatifs concernent essentiellement la télévision car c'est l'appareil qui a été disponible le plus tôt dans les foyers. Cependant cela n'empêche pas que les résultats négatifs associés à ce type d'écran sont aussi associés aux autres types d'écrans. Ainsi, l'exposition aux écrans en général, ou le temps d'écran, est une préoccupation de santé publique pouvant impacter le développement des plus jeunes.

Depuis 1999 aux États-Unis, *l'American Academy of Pediatrics* (AAP) recommande de surveiller le temps d'exposition aux écrans, notamment chez les enfants. En France, l'Académie des sciences (2012) recommande également aux parents d'accompagner leur enfant dans les étapes de son développement et de lui procurer un environnement numérique adapté à son âge. Selon ces recommandations, un enfant avant 3 ans devrait avoir un minimum de contact avec tout type d'écrans. Ces recommandations ont pour but de mettre en garde les parents contre les « dangers » des écrans et « protéger » le bon développement psychique des jeunes enfants. Or, ces craintes ne se basent pas sur des résultats empiriques (Ramus, 2019). Lorsque les

journalistes diffusent des informations à ce sujet, l'emphase est mise sur les aspects négatifs sans prendre en compte les nuances de la recherche. Par exemple, la récente étude de Collet et al. (2020) fait l'état de plus de risques de développement de troubles du langage pour des enfants exposés à la télévision le matin. Cette recherche a eu un grand impact et a été médiatisée comme donnant un nouvel argument à l'encontre des écrans sans prendre en compte, par exemple, que ce risque augmente si l'enfant ne discute jamais des programmes avec ses figures parentales (Ramus, 2020).

La revue systématique de la littérature sur la relation entre l'exposition à la télévision et les enfants de Kostyrka-Allchorne et al. (2017) propose une nuance sur des travaux ultérieurs. Bien qu'il existe des travaux témoignant d'effets négatifs de l'exposition à la télévision sur des groupes d'enfants, ceux-ci ne sont pas exempts de biais méthodologiques. Par exemple, ces études ne sont pas toujours expérimentales ni longitudinales, il y a absence de contrôle de variables comme l'âge ou le statut socio-économique, etc. De plus, en vue de l'hétérogénéité des méthodes de recherche employées ainsi que de la diversité des résultats, il reste difficile de faire une véritable synthèse cohérente. L'exposition aux écrans chez les plus jeunes peut être liée à des retards de langage, à des troubles attentionnels ou des déficits au niveau des capacités scolaires. Cependant, ces liens ne sont pas systématiques, certaines études trouvant des résultats contradictoires, et il est difficile d'établir le sens de la causalité (Collet et al., 2020).

Le problème ne réside pas dans l'écran en lui-même. Il est difficile de dire si des troubles du comportement sont causés par l'exposition aux écrans ou si les écrans sont une réponse pour gérer ces troubles du comportement (Madigan et al., 2019). Il est aussi nécessaire de prendre en compte les facteurs environnementaux comme les caractéristiques familiales. En effet, l'utilisation des écrans au sein de l'environnement familial est fortement liée au niveau socioéconomique de la famille (Livingstone, 2007). Les enfants issus de milieux socioéconomiques défavorisés ont plus souvent des écrans dans leur chambre que leurs pairs issus de milieux plus favorisés (Tandon et al., 2012). De même, ces enfants sont plus susceptibles d'avoir des temps d'exposition aux écrans plus longs. Neumann (2018) a montré l'existence d'une relation négative entre le statut socio-économique de la famille et la fréquence d'utilisation, à la maison, des tablettes tactiles par les enfants de 4 ans. Les pratiques éducatives familiales sont des variables intermédiaires entre le temps d'utilisation des écrans et leur effet sur les enfants. Neumann et Neumann (2015) soulignent l'importance pour les parents et les

éducateurs d'adopter une approche équilibrée et supervisée de l'usage des écrans pour favoriser un bon développement. Il faut également s'intéresser au contenu des programmes plutôt qu'au temps que les enfants passent à les regarder (Guernsey, 2012). Lorsque cela est pris en compte, les résultats de la recherche ne montrent souvent pas de relation négative significative. De plus, les études semblent se focaliser sur les effets à court terme des écrans, ne permettant pas de savoir en l'état si la relation entre exposition précoce aux écrans et développement des plus jeunes persiste plus tard (Madigan et al., 2019). Outre l'idée que l'exposition aux écrans peut favoriser des troubles cognitifs, ce temps d'écran est susceptible de remplacer des moments significatifs d'apprentissages. Vandewater et al. (2006) soulignent que 1 heure passée devant la télévision pour un enfant de moins de 2 ans équivaut à 50 minutes où il n'interagit pas avec ses parents et environ 20 minutes où il n'est pas engagé dans des jeux créatifs. Or, les interactions avec les pairs et les adultes sont un levier essentiel du développement du jeune enfant (Vygotsky, 1934 ; Hewes, 2010). Par exemple, utiliser l'ordinateur avec les enfants pour faire des visio-conférences les aide à développer leurs compétences langagières (Roseberry et al., 2014).

1.1.2.2 Nouvelles recommandations pour l'exposition aux écrans

Les outils numériques évoluent avec le temps et les améliorations technologiques. L'interactivité à travers les outils numériques est de plus en plus améliorée. L'objectif est d'éviter aux enfants de rester passivement devant l'écran. Dans le cas de la télévision, des études sur les effets des émissions de télévision à but éducatif montrent qu'elles peuvent avoir un impact positif sur le développement du langage ou sur l'attitude des enfants envers d'autres ethnies (Mares et al., 2015). Les études sur les jeux-vidéos éducatifs et autres simulations interactives montrent aussi les avantages qu'ils peuvent avoir sur les apprentissages (Vogel et al., 2006 ; Kirkorian & Pempek, 2013). La relation entre les écrans et les enfants implique des rapports complexes entre différents facteurs internes et environnementaux. Il ne faut pas négliger les potentiels effets négatifs du temps d'écran, empêchant l'enfant d'entrer dans des interactions significatives pour leur développement par exemple. Cependant, lorsqu'ils sont utilisés dans un cadre interactif et non passif, les écrans peuvent favoriser les apprentissages.

Cet appel à la nuance associé aux nouvelles avancées dans la recherche scientifique a permis aux organismes de santé de revoir leurs recommandations. En 2011, l'AAP révisé sa

politique en levant l'interdiction des écrans pour les moins de 2 ans. D'autres directives ont été données pour que l'usage des médias en autonomie par les plus jeunes soit évité. Ils recommandent qu'un enfant de moins de 18 mois ne doit pas être mis devant un écran, mais ils prennent en compte la possibilité qu'il puisse y avoir des situations particulières comme par exemple lorsque l'enfant est mis en contact avec d'autres personnes via visio-conférences. Pour les enfants de 15 mois à 2 ans, il serait possible de regarder des programmes ou de jouer à des jeux éducatifs en étant accompagné.

En France, l'Académie des sciences, en partenariat avec l'Académie Nationale de Médecine et l'Académie des technologies, publie un nouveau rapport appelant à une vigilance des usages du numérique sans pour autant l'interdire (Académie des sciences, 2019). Il faut être conscient des effets néfastes d'une surexposition des plus jeunes aux écrans et favoriser l'accompagnement raisonné ainsi que des contenus appropriés. Ils mettent par ailleurs en avant que ces effets puissent être variables selon différents facteurs comme l'âge ou le contexte social. La conclusion de ce rapport stipule que « plutôt que de s'opposer à l'inévitable, mieux vaut l'accompagner en veillant au respect de conditions d'utilisation optimales au regard de la santé publique » (Académie des sciences, 2019, p. 24).

Malgré ces changements dans les politiques de santé publique, Blum-Ross et Livingstone (2016) argumentent que les conseils sur le temps d'écran à destination des parents restent toujours trop focalisés sur ces notions de « dangers » et « risques ». Le côté alarmiste de ces règles pourrait causer de la culpabilité ainsi qu'une ambivalence des parents à l'égard des tablettes et autres technologies, impactant la façon dont les enfants les perçoivent et se les approprient (Blum-Ross, 2016 ; Slavin, 2016). Les parents seraient plus amenés à jouer un rôle de contrôle alors qu'un rôle de médiation aiderait leurs enfants à pleinement bénéficier des nouveaux outils à leur disposition. Blum-Ross et Livingstone (2016) mettent en avant l'importance de :

- la diversité des approches qu'un parent peut utiliser pour accompagner leurs enfants ;
- se poser des questions sur le contexte d'utilisation, le contenu et les interactions avec les pairs durant l'exposition, plutôt que sur le temps d'exposition seul ;
- l'environnement familial qui est différent pour chacun et auquel les recommandations ne sont pas toujours appropriées ;

- le rôle des industries multimédias qui doivent restées informées pour offrir du contenu approprié aux enfants ;
- le rôle des autres personnes qui interagissent avec les parents (famille, amis, enseignants) et peuvent aussi les soutenir quant à l'approche des nouveaux médias par les enfants.

C'est ici que la formation des enseignants quant au numérique joue un rôle important afin que ceux-ci puissent soutenir les parents dans l'usage des nouvelles technologies par les enfants depuis la classe. Ces formations peuvent présenter aux enseignants comment utiliser les outils à leur disposition, mais aussi leur expliquer concrètement dans quelle mesure ils peuvent être pertinents et pour quels objectifs afin qu'ils en perçoivent les intérêts. Cependant, ces formations ne répondent pas toujours à toutes les questions des enseignants et mériteraient d'être mieux pensées en collaboration avec les acteurs principaux (Peraya et al., 2002). Nous discuterons plus en détail des freins concernant les enseignants sur le numérique dans la partie sur l'acceptance des nouvelles technologies (cf. Chapitre 3).

Le numérique dans le domaine de l'éducation ou les TICE représentent une large gamme de pratiques qui peut concerner l'enseignant seul, l'élève seul, ou les deux en interaction. Son implémentation est toujours d'actualité, encouragée par les instances politiques. Même si le sujet reste à débats, les outils se trouvent déjà dans les classes et nous ne pouvons pas les ignorer. L'investigation de leurs effets et usages permet d'offrir des discours cohérents aux familles et aux enseignants afin de travailler collectivement en faveur du développement des enfants.

Dans le cadre de ce travail de thèse, nous souhaitons nous focaliser sur les applications éducatives sur tablette numérique.

1.2 La tablette numérique

1.2.1 Définition et spécificités de l'outil

La tablette est un outil récent qui s'est inséré dans les foyers, comme souligné en introduction, essentiellement durant la période 2012-2013. Aujourd'hui, ses ventes se

stabilisent, voire baissent (Auffray, 2017), mais nous pouvons dire qu'elle s'est implémentée dans le paysage du quotidien au même titre que la télévision, l'ordinateur ou le smartphone. Si nous avons utilisé le simple mot « tablette », il reste d'usage en France de l'étendre à « tablette tactile », « tablette numérique », « tablette électronique » ou encore de remplacer le terme « tablette » par « ardoise » (Boujol, 2014). Afin de la définir, le rapport d'Eduscol la désigne ainsi :

Un ordinateur portable ultraplat qui se présente sous la forme d'un écran tactile sans clavier et qui offre à peu près les mêmes fonctionnalités qu'un ordinateur personnel. Elle permet d'accéder à des contenus multimédias tels que la télévision, la navigation sur le web, la consultation et l'envoi de courrier électronique, l'agenda, le calendrier et la bureautique simple. Il est possible d'installer des applications supplémentaires depuis une boutique d'applications en ligne. En quelque sorte, la tablette tactile est un intermédiaire entre l'ordinateur portable et le smartphone. (Eduscol, 2015)

Cette définition se rapproche de celle à laquelle se réfère Thevenot (2015) qui désigne la tablette dans ses aspects techniques, tout en ne négligeant pas les aspects médiatiques ainsi que la dimension du « rapport direct de l'homme à l'écran » étant donné l'absence de clavier. La définition d'Eduscol (2015) se rapproche également de celle de l'Office Québécois de la Langue Française (OQLF, 2011) : la tablette « s'inscrit à la fois dans un paysage technique existant, mais aussi d'usages. (...) C'est d'ailleurs la proximité des cadres d'usages de ces trois produits [ordinateur portable, smartphone et tablette tactile] qui pose le problème de la spécificité de la tablette tactile » (Thevenot, 2015, p.33).

Afin de comprendre la spécificité de l'outil tablette, l'Académie des Sciences (Bach et al., 2013) présente les différents usages associés à chaque type d'écrans dans le tableau ci-dessous (Tableau 1) :

Tableau 1. Les différents écrans et leurs possibilités lors de leur mise sur le marché. Tiré de « L'enfant et les écrans, un avis de l'Académie des Sciences », J.F., Bach, O, Houdé, P., Léna & S. Tisseron, 2013, p. 145.

Possibilités Type d'écran	S'immerger	Choisir les programmes (contenants)	Interagir avec les objets présents sur l'écran (contenus)	Interagir avec les membres d'un groupe	Être le spectateur de ses propres actions en temps réel (grâce à l'avatar)	Avoir un lien intime avec la machine (la transporter partout sur soi)	Interagir par le toucher
Cinéma	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
TV	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
Ordinateurs avec Web 1.0	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non
Ordinateurs avec Web 2.0	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non
Smartphone	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Tablette tactile	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Selon ce tableau, la seule spécificité de la tablette serait qu'elle permet d'interagir par le toucher. Or, c'est aussi une fonctionnalité que possèdent les smartphones ainsi que certains nouveaux ordinateurs hybrides, voire des télévisions selon les avancées technologiques. Il semble difficile de dégager des spécificités à la tablette. Thevenot (2015) la décrit comme un « objet paradoxal » étant donné sa « dimension convergente » ; soit le fait qu'elle « s'inscrit dans la continuité de ces objets [les autres supports numériques] tout en souhaitant faire rupture en se présentant comme un nouvel objet » (p.118). Cette ambiguïté, associée à la nouveauté de l'outil faisant que la littérature sur le sujet reste récente, nous laisse ainsi dans une absence de définition claire. Outre les aspects techniques de la tablette, celle-ci s'inscrit aussi socialement et est porteuse de représentations. Comme il est difficile de la dissocier dans ses aspects techniques avec les autres outils, les représentations négatives des écrans lui sont aussi associées alors qu'il n'y a pas encore suffisamment d'études à ce sujet.

L'enquête de Cristia et Seidl (2015) auprès de parents permet d'avoir un aperçu des activités des jeunes enfants âgés de moins de 4 ans de foyers français sur la tablette. L'activité qui est reportée par leur échantillon comme étant la plus utilisée auprès des enfants est celle du visionnage de photos (78%). Les chercheurs mettent en avant que cette activité permet de créer un contexte riche pour des interactions entre l'enfant et l'adulte. En effet, les photos ont un lien avec la vie de l'enfant et des événements dont il peut se souvenir et sont de ce fait des stimuli

pertinents. L'activité de visionnage de vidéos est aussi courante (68%) et s'accroît avec l'âge. Cette étude questionne aussi l'utilisation de jeux de type puzzles qui font travailler la motricité fine des enfants, mais pas sur l'utilisation des jeux éducatifs en général. Une enquête par questionnaire proposée par le magazine de vulgarisation *Souris Grise* donne une vision de l'usage de la tablette par des enfants plus âgés, majoritairement de 3 à 6 ans. Le panel est constitué de parents francophones adeptes de leur site internet et donc avertis en termes de numérique. Ils fréquentent des médias et communautés autour du numérique en famille et sont équipés au minimum d'une tablette à la maison. D'après les résultats de cette enquête, 87% des parents déclarent que le jeu constitue l'activité la plus pratiquée sur tablette par leurs enfants. Néanmoins, l'éveil et l'éducation constituent la seconde catégorie, à hauteur de 69%. Cette étude nous montre que les parents tiennent à proposer des activités éducatives à leurs enfants via des applications sur la tablette. Il semble donc important de les étudier afin de définir leur impact réel sur les apprentissages.

1.2.2 Les applications éducatives

Le marché des applications éducatives est un secteur toujours en expansion. Les boutiques en ligne ou AppStores (par ex. Apple Store, Google Play...) en recensent des milliers de toutes sortes. La littérature scientifique s'est donc intéressée à ces questions des effets objectifs de la tablette sur les apprentissages. Les applications éducatives sur tablette représentent une façon différente et prometteuse de faire entrer les enfants dans les apprentissages, notamment à l'école maternelle, tant que leur utilisation est réfléchie (Hirsh-Pasek et al., 2015). Il semble en effet que l'enfant puisse apprendre à travers l'interactivité qu'offre l'outil tablette (Kirkorian & Pempek, 2013).

Grâce à leurs propriétés ergonomiques, les tablettes tactiles permettent aux enfants d'interagir plus facilement avec le monde numérique dès leur plus jeune âge (Marsh et al., 2015 ; Merchant, 2015). Les tablettes diffèrent des ordinateurs traditionnels par leur poids plus léger et leur caractère transportable. Contrairement aux ordinateurs commandés par souris qui nécessitent un plus grand contrôle de la motricité fine (Donker & Reitsma, 2007), les enfants peuvent réaliser précocement des actions tactiles comme taper, glisser ou glisser-déposer avec leur doigt (Ahearne et al., 2016). L'apprentissage de ces gestes est aussi relativement rapide. De plus, les caractéristiques multimodales des tablettes (i.e. les sons, les animations et le texte) attirent l'attention des jeunes enfants de manière multisensorielle en stimulant les sens visuel,

auditif, kinesthésique et tactile (Roskos et al., 2014). Ainsi les tablettes éliminent ces obstacles opérationnels et offrent des possibilités d'apprentissage et une interactivité importante au cours des premières années notamment dans la salle de classe (Merchant, 2015 ; Sheehan & Uttal, 2016).

Les recherches ont montré que les TICE peuvent soutenir le développement cognitif et social des jeunes élèves lorsqu'elles sont intégrées de manière ciblée (Åberg et al., 2014 ; McCarrick & Xiaoming, 2007 ; Pelletier et al., 2006 ; Voogt & McKenney, 2008). Lorsqu'ils utilisent les TIC dans le cadre de leur programme d'études, les jeunes enfants sont capables de réflexion (Ching et al., 2006), participent à des modèles d'interaction positive entre pairs (McCarrick & Xiaoming, 2007 ; Shahrinin & Butterworth, 2001) et s'engagent dans un apprentissage du langage autonome et constructif (Fridin, 2014).

Une série de recherches empiriques a été menée pour déterminer si l'apprentissage par écran tactile entraîne une amélioration des résultats d'apprentissage des jeunes enfants. Certaines études ont montré un effet bénéfique sur les résultats d'apprentissage des jeunes enfants (e.g. Papadakis et al., 2018b ; Patchan & Puranik, 2016 ; Schacter & Jo, 2016 ; Wang et al., 2016). D'autres études n'ont pas trouvé d'effet bénéfique sur les résultats d'apprentissage des jeunes enfants (e.g. Piotrowski & Krcmar, 2017 ; Schroeder & Kirkorian, 2016 ; Zipke, 2017). De même, un certain nombre d'études ont indiqué que l'apprentissage sur écran tactile ne montrait pas de supériorité par rapport à d'autres méthodes d'apprentissage, comme l'apprentissage avec des objets physiques (Huber et al., 2016), ou l'enseignement face à face sur papier (Kwok et al., 2016). Dans de rares études, on a trouvé un impact négatif de l'apprentissage par écran tactile sur les performances des enfants (par exemple, Parish-Morris et al., 2013).

La méta-analyse de Xie et ses collaborateurs (2018) montre que les situations d'apprentissages impliquant l'usage de la tablette sont plus bénéfiques comparativement aux autres situations ne l'utilisant pas. Les chercheurs ont aussi exploré la question des variables ayant un effet modérateur sur l'apprentissage. La tablette s'avèrerait ainsi plus efficace dans l'apprentissage de disciplines technologiques, scientifiques et mathématiques. Enfin, les enfants apprendraient mieux avec la tablette dans un environnement classe plutôt qu'en laboratoire. Cependant, la méta-analyse montre aussi que toutes les études concernant ce sujet sont hautement hétérogènes, ne permettant pas de poser des conclusions précises et unanimes.

Griffith et ses collaborateurs (2020) propose ainsi une revue systématique de la littérature sur la question qui leur permet néanmoins de trouver des résultats comparables à la méta-analyse de Xie et al. (2018). Utiliser une application éducative interactive est positive pour le développement des apprentissages premiers, notamment en faveur des compétences en littératie émergente (LE) et en numératie émergente (NE).

1.3 Les applications éducatives pour développer la LE et NE

Dès leur plus jeune âge, les enfants acquièrent des compétences en LE et en NE conditionnant fortement leur réussite académique et professionnelle ultérieure (Duncan et al., 2007 ; Jordan et al., 2009 ; National Early Literacy Panel [NELP], 2008 ; National Mathematics Advisory Panel [NMAP], 2008 ; Rabiner et al., 2016). Les enfants ayant un retard dans les apprentissages précoces continuent généralement à se développer plus lentement que leurs pairs plus avancés et risquent de ne pas rattraper le retard cumulé (par ex. Hooper et al., 2010).

Les premiers apprentissages qu'un enfant développe en maternelle sont prédictifs de la réussite scolaire ultérieure (par ex. Chetty et al., 2011 ; Rabiner, Godwin & Dodge, 2016). Le développement des compétences en LE et NE à l'aide d'outils numériques et plus particulièrement de la tablette a ainsi été un champ d'étude toujours en expansion.

1.3.1 Littératie Emergente

1.3.1.1 Définition

La littératie émergente (LE) fait référence aux compétences, connaissances et attitudes qui seraient des précurseurs développementaux des formes conventionnelles de lecture et d'écriture (Whitehurst & Lonigan, 1998 ; Snow, Burns, & Griffin, 1998). Pour qu'une compétence de littératie soit qualifiée d'émergente, elle doit remplir deux conditions : (1) la compétence de LE doit être présente avant l'apprentissage des compétences conventionnelles de littératie telles que [...] ; (2) la compétence de LE doit être corrélée aux compétences ultérieures de littératie telles que [...]. Lonigan et Shanahan (2009) ont ainsi identifiés onze compétences de LE: (1) la connaissance de l'alphabet ; (2) la conscience phonologique ; (3) la dénomination rapide et automatique des lettres ou des chiffres/nombres ; (4) la dénomination

rapide et automatique d'objets ou de couleurs ; (5) l'écriture ou l'écriture du prénom ; (6) la mémoire phonologique ; (7) les concepts sur l'écrit ; (8) la connaissance de l'écrit ; (9) la préparation à la lecture ; (10) le langage oral ; et (11) le traitement visuel. Dans cette étude, quatre dimensions ont été retenues : la connaissance des lettres, la conscience phonologique, le vocabulaire et la compréhension orale (Thomas et al. Soumis). Ces quatre dimensions sont prédictives des compétences ultérieures et sont parmi les dimensions les plus étudiées dans la littérature (Catts et al., 2015 ; Lonigan et al., 2008 ; Piquard-Kipffer & Sprenger-Charolles, 2013).

1.3.1.1.1 Connaissance des lettres

La connaissance des lettres renvoie à la connaissance du nom et du son des lettres ainsi qu'à l'écriture de lettres isolées et constitue l'un des plus puissants prédicteurs de la réussite ultérieure en lecture (Foulin, 2007 ; Puranik et al., 2013). Tout d'abord, de nombreuses recherches ont montré que la dénomination des lettres était prédictive de la reconnaissance des mots (Negro & Genelot, 2009). Cette capacité serait aussi prédictive des performances ultérieures de compréhension de textes (Schatschneider et al., 2004). Ensuite, la connaissance du son et du nom des lettres de l'alphabet serait nécessaire au développement de la conscience phonémique (Foulin, 2005). Enfin, la capacité à écrire un plus grand nombre de lettres serait un prédicteur des performances en lecture et en orthographe (Kim et al., 2014).

1.3.1.1.2 Conscience phonologique

La conscience phonologique correspond à la détection et à la manipulation des unités sonores du langage oral, comme par exemple l'identification de syllabes, rimes et phonèmes ou encore la suppression de syllabes (Briquet-Duhazé & Rezrazi, 2014). Les compétences de conscience phonologique du jeune enfant apparaissent dans la littérature comme étant le meilleur prédicteur des performances de lecture (par ex. Wagner et al., 1994) que ce soit en termes d'acquisition du principe alphabétique (Wagner & Torgesen, 1987), de décodage (Anthony et al., 2007) ou encore de compréhension (besoin de références). La conscience phonologique est aussi un fort prédicteur des compétences orthographiques (Kim et al., 2014).

1.3.1.1.3 Vocabulaire

Le vocabulaire fait référence à l'usage des mots de la langue utilisés couramment par une personne. Le vocabulaire est l'un des éléments fondamentaux de l'apprentissage de la lecture et de l'écriture. Les élèves ayant de faibles compétences en vocabulaire auraient plus de chances de rencontrer des difficultés en lecture et en écriture (Catts et al., 2001 ; Scarborough, 1998 ; Whitehurst & Lonigan, 2001). De plus, le vocabulaire joue un rôle important pour les fondements de la compréhension de lecture (Muter et al., 2004 ; Oakhill et al., 2003).

1.3.1.1.4 Compréhension

La compréhension correspond à l'interprétation par le lecteur de l'information, de l'utilisation de connaissances préalables pour interpréter cette information et de la construction d'une représentation ou d'une image mentale cohérente sur le texte (Kendeou et al., 2007). Les compétences de langage oral sont des prérequis de la lecture de mots et de la compréhension de la lecture (Massonnié et al., 2019 ; Oakhill et al., 2003). Ainsi, la compréhension orale au préscolaire a un fort impact sur la compréhension en lecture (Bianco et al., 2010 ; Kendeou et al., 2009).

1.3.1.2 Applications éducatives pour développer la LE

Il existe peu de résultats concluants concernant les effets de la tablette sur le développement des compétences en LE dans la salle de classe (Neumann, 2018 ; Neumann & Neumann, 2015). Cependant, certaines recherches ont montré des résultats encourageants avec un impact positif de l'usage du livre électronique ou d'applications éducatives sur le développement des compétences en LE des enfants.

Les applications éducatives peuvent cibler des compétences précises telles que la connaissance des lettres (Huang et al., 2013), le vocabulaire (De Jong & Bus, 2004 ; Moody, 2010 ; Neumann, 2018) ou encore la conscience phonologique (Chera & Wood, 2003 ; Karemaker et al., 2010 ; Wood et al., 2010).

La découverte des icônes et des différents symboles écrits dans les applications est une première exposition aux caractères imprimés (Marsh, 2016 ; Neumann & Neumann, 2014 ; Neumann, Finger, & Neumann, 2016).

Pour ce qui est de la compréhension de texte, les applications peuvent proposer de la lecture d'histoires. La pratique de lecture d'histoires est un moment durant lequel l'adulte peut pratiquer la « lecture dialogique » (Whitehurst et al., 1994) et ainsi interagir avec l'enfant durant la lecture et l'engager dans l'histoire à travers des questions ou interactions. L'étude de Lauricella et al. (2014) suggère que, dès 4 ans, les enfants sont capables de comprendre les histoires que ce soit à travers un livre ou un écran, et que des éléments interactifs dans l'histoire dans le cas des tablettes faciliterait cette compréhension.

Les enfants sont aussi capables d'apprendre des mots avec la tablette dès lors que l'enfant est dans une situation d'interaction et non simplement de visionnage passif (Kirkorian et al., 2016).

Des enseignants évaluent positivement les effets de ces outils sur les apprentissages en LE des élèves ainsi que sur leur motivation et sur leur image d'eux-mêmes en tant qu'apprenant (Flewitt et al., 2015). Les utiliser permet de proposer un apprentissage multimodal et favoriser le développement de la LE (Yelland, 2018).

1.3.2 Numératie Emergente

1.3.2.1 Définition

Les compétences mathématiques précoces regroupent plusieurs domaines comme la numératie, la géométrie, la modélisation et la résolution de problèmes (NMAP, 2008 ; NRC, 2009). Ces compétences précoces, même si elles sont distinctes, se développent en interaction pour construire les compétences mathématiques plus avancées (Aunola et al., 2004 ; Purpura et al., 2013). Plusieurs auteurs soulignent qu'en reliant les nouvelles connaissances à celles déjà acquises les enfants sont en mesure de développer une compréhension mathématique profonde. Cela s'effectue selon une trajectoire d'apprentissage bien identifiée (Clements & Sarama, 2004). Nous nous intéressons tout particulièrement ici aux compétences de numératie émergente. D'après le modèle proposé par Purpura et ses collaborateurs (2013), l'enfant traverse trois phases : (1) la phase de connaissances numériques informelles, (2) la phase de connaissances liées au nombre et (3) la phase de connaissances numériques formelles.

1.3.2.1.1 Les connaissances numériques informelles

Les connaissances numériques informelles sont des compétences qui peuvent être acquises avant ou en dehors de l'école et utilisant des techniques non conventionnelles et des stratégies auto-inventées plutôt que des symboles ou des algorithmes conventionnels (Ginsburg, 1977). Purpura et ses collaborateurs (2013), en référence aux travaux de Krajewski et Schneider (2009), ont distingué trois niveaux de développement des compétences numériques informelles. Le premier niveau concerne les compétences de base comme distinguer et comparer des quantités et apprendre la chaîne verbale numérique. Le deuxième niveau correspond au dénombrement. Plus spécifiquement, il s'agit d'appliquer la séquence de comptage à des ensembles fixes via la correspondance terme à terme et de relier des mots de nombres et des quantités spécifiques par l'intermédiaire du principe cardinal (Gelman & Gallistel, 1978) ou de la subitisation. Le troisième est dernier niveau concerne les opérations simples sur des quantités présentées à l'oral comme la résolution de problèmes à histoire.

1.3.2.1.2 Les connaissances liées au nombre

Le développement des connaissances liées au nombre débute peu de temps après l'acquisition de certaines aptitudes numériques informelles, comme la connaissance la chaîne verbale numérique ou encore la capacité d'associer des quantités à des mots numériques (Krajewski & Schneider, 2009 ; Sarama & Clements, 2009). L'acquisition des mots de nombres, l'identification et la désignation des chiffres arabes ou encore les correspondances entre chiffres écrits et collections d'objets sont toutes des connaissances liées aux nombres. Dès que les enfants distinguent les chiffres d'autres symboles (par exemple, distinguer chiffres et lettres), ils peuvent commencer à associer des noms aux symboles écrits. A l'âge de quatre ans, environ un quart des enfants peuvent identifier les chiffres de 1 à 9 (Ginsburg & Baroody, 2003). De plus, la capacité des enfants à identifier des chiffres écrits et à les associer à des mots de nombres et à des quantités numériques s'est révélée être un fort prédicteur des compétences mathématiques formelles ultérieures (Lembke & Foegen, 2009).

1.3.2.1.3 Les connaissances numériques formelles

Les connaissances numériques formelles font référence à des compétences enseignées à l'école et à l'utilisation de la notation numérique écrite conventionnelle ainsi que des algorithmes écrits (Ginsburg, 1977).

1.3.2.1.4 Applications éducatives pour développer la NE

L'utilisation d'applications éducatives sur tablette peut constituer une aide individualisée efficace pour le développement des compétences mathématiques précoces. Elles permettent d'acquérir des connaissances immédiates et durables (Outhwaite et al., 2019 ; Outhwaite et al., 2017 ; Van der ven et al., 2017 ; Pitchford, 2015). Par exemple, l'application Math Shelf (Schacter & Jo, 2016) a été développée par une équipe universitaire dans le but d'améliorer les compétences précoces des enfants en mathématiques, notamment de ceux qui présentent un retard dû au contexte socio-économique de certaines familles. Leur étude a montré que leur application aide effectivement les enfants à acquérir plus de connaissances en mathématiques en comparaison des enfants n'utilisant pas cette application. Berkowitz et al. (2015) montrent aussi que passer du temps sur des applications éducatives en mathématiques à la maison favorisent la réussite scolaire ultérieure.

Les applications éducatives pour développer la LE et la NE ne sont efficaces pour développer les apprentissages scolaires que si elles suivent des principes de pédagogies s'appuyant sur des recherches scientifiques (Hirsh-Pasek, 2015). Les auteurs encouragent l'étude plus poussée des facteurs facilitateurs de l'apprentissage dans une application. L'un de ces facteurs à prendre en compte pourrait être l'acceptance ou l'acceptabilité de l'outil.

Chapitre 2 La co-conception d'une application éducative

Introduction

Pour Hirsh-Pasek et al. (2015), la première vague des applications éducatives à destination des enfants imite ce qu'offrent déjà d'autres médias (par ex. livres, télévisions, jeux vidéo, ...). Des recherches ont montré que la plupart des applications du marché détiennent peu de valeurs pédagogiques et qu'elles ne favoriseraient pas un engagement riche des enfants dans leurs apprentissages (Papadakis et al., 2018a ; Kucirkova, 2016 ; Neumann & Neumann, 2015 ; Verenikina & Kervin, 2011). Par ces observations, Hirsh-Pasek et al. (2015) encouragent l'évolution du développement de ces applications en combinant de façon créative des principes issus des sciences de l'Éducation, de la psychologie et de l'ergonomie avec les caractéristiques de la tablette numérique. En effet, les connaissances sur les processus d'enseignement et d'apprentissages peuvent aider à la conception d'applications éducatives adaptées au contexte de la classe.

Il existe de nombreux modèles de conception des applications comme par exemple le modèle Preschoolers' Mobile Educational Games (Pre-MEGa) proposé Shoukry et al. (2012). Ce modèle a pour but de faciliter la transition entre recherche, création et évaluation des applications mobiles pour les enfants d'âge préscolaire en proposant une liste de caractéristiques à suivre. Cependant, peu de chercheurs sont engagés dans la conception et l'implémentation des applications éducatives au sein des écoles et plus particulièrement des classes. Il arrive que des chercheurs font leur propre application éducative sans s'adresser au public visé avant que le produit ne soit terminé, ou que des développeurs créent leurs applications sans se référer à des experts dans le domaine de la pédagogie. Une démarche de collaboration entre plusieurs experts pour le développement d'une application correspond à une démarche de co-conception et celle-ci serait bénéfique pour l'élaboration de produits de qualité (Kucirkova, 2016).

Dans un premier temps, nous faisons un inventaire de différents concepts théoriques à incorporer dans le développement d'une application éducative pour en favoriser les qualités pédagogiques. Dans un second temps, les connaissances permettent le développement des applications et les modèles de co-conception utilisés dans le cadre de la thèse seront abordés.

2.1 Apprentissages par le numérique : les modèles théoriques

2.1.1 Les quatre piliers des apprentissages

Hirsh-Pasek et al. (2015) se basent sur les connaissances issues des recherches en éducation afin de définir de quelles façons des applications éducatives peuvent permettre à des enfants de 0 à 8 ans d'apprendre. Les auteurs présentent quatre « grands piliers de l'apprentissage » qui, selon eux, sont les facteurs ayant le plus d'impacts sur l'apprentissage des enfants. Ces piliers sont : l'apprentissage actif, l'engagement, la mise en sens et l'interaction sociale.

- L'apprentissage actif se réfère à l'implication cognitive (*mind-on*, en anglais) de l'enfant dans la tâche qui lui est proposée. Les réponses qu'il donne ne viennent donc pas de la simple réaction à un stimulus (*mind-less*, en anglais). L'application doit offrir à l'enfant un niveau de contrôle approprié lui permettant d'aller à son rythme tout en maintenant son intérêt. Des exemples d'apprentissage actif seraient la manipulation d'objets « réels » en parallèle de la manipulation sur la tablette, la manipulation de lettres/mots/phrases dans un but de communication ou encore la manipulation de notes de musique afin de former une mélodie.
- L'engagement se réfère à la possibilité que donne la tablette de favoriser l'attention soutenue de l'enfant. Cet engagement est possible, par exemple : (1) en évitant les distractions à l'écran ; (2) en travaillant sur la « responsivité » (réponse immédiate de l'interface à l'action de l'utilisateur) et sur l'ajustement des feedbacks de l'appareil ; (3) ou encore en travaillant la cohérence des tâches proposées. L'engagement est lié aux motivations extrinsèques (récompenses appropriées, ...) et intrinsèques (récompenses axées sur l'envie de l'enfant de se dépasser, d'apprendre de nouvelles choses, ...).
- La mise en sens se réfère à la possibilité que donne l'activité sur la tablette à l'enfant de faire des liens entre ce qu'il apprend et son expérience personnelle, mais aussi d'étendre ses connaissances afin d'élaborer de nouveaux concepts. Ce serait par exemple de demander à l'enfant de reconnaître les triangles dans une scène contextualisée.

- L'interaction sociale se réfère aux échanges riches que peut potentiellement avoir l'enfant avec ses pairs ou d'autres individus (coopération/collaboration), mais aussi avec les potentiels personnages de l'application via l'interaction parasociale (cf. point 2.1.4).

En parallèle des quatre piliers, Hirsh-Pasek et al. (2015) estiment important de prendre en compte le contexte éducatif, c'est-à-dire l'explicitation de la finalité des apprentissages ou ce que l'application a pour objectif de faire apprendre à l'élève. L'intention de faire apprendre des notions aux enfants doivent être perçues clairement par ces derniers.

Cependant, la plupart des applications commerciales s'intéressent plus au divertissement des enfants et n'ont pas de but éducatif spécifique (Papadakis, 2018a). De ce fait, même si une telle application permettrait à l'enfant de suivre les principes favorisant l'apprentissage (être actif, engagé, pouvoir mettre du sens à ce qu'il fait et d'avoir des interactions sociales), il n'y aura pas d'apprentissage. Ce type de relation entre la qualité aux piliers et le contexte éducatif peut être illustré par le tableau 2 ci-dessous. Afin de permettre un apprentissage profond, c'est-à-dire un apprentissage qui va être assimilé par l'enfant et persister dans le temps, il faut que les enjeux d'apprentissage soit bien explicité et que les principes des piliers soient bien mis en place.

Tableau 2. Relation entre les qualités des piliers et le contexte éducatif d'après Hirsh-Pasek et al. (2015).

Qualité des piliers	Haut	Ludique	Apprentissage profond
	Faible	Valeur basse	Apprentissage peu profond
		Faible	Haut
Contexte Éducatif			

Avec les nouvelles problématiques autour de l'apprentissage chez les enfants par le numérique, les recommandations de Hirsh-Pasek et al. (2015) sont importantes et ont permis de développer des champs d'étude spécifiques comme *l'Entertainment Education Paradigm* (EEP).

2.1.2 L'Entertainment Education Paradigm (EEP)

L'EEP peut être défini comme l'introduction intentionnelle d'un contenu éducatif dans un message divertissant (Singhal & Rogers, 2002) et se base sur trois principes : *motivation*, *renforcement* et *blending* (Lewis & Weber, 2009).

Le principe de *motivation* renvoie au fait que l'aspect divertissant du jeu va aider à donner de l'intérêt à l'apprentissage. Des études ont montré par exemple le potentiel motivant de la tablette pour les enfants (Flewitt et al., 2014). Le principe de *renforcement* renvoie au fait que les interactions incluses dans le jeu (les feedbacks, les récompenses, les niveaux progressifs, etc.) favorisent le fait de jouer de nouveau et donc renforcent les apprentissages. Enfin, le principe de *blending* renvoie à l'idée qu'il n'est pas possible d'apprendre si le message éducatif n'est pas perçu. Le caractère divertissant ne doit ainsi pas surpasser la finalité pédagogique. Ces approches ne doivent pas être séparées. Ces points se rapprochent de ceux évoqués par Hirsh-Pasek et al. (2015) et nous retrouvons la notion de feedbacks qui viennent engager et renforcer l'élève dans ses apprentissages. Kirschner et al. (2006) mettent l'accent sur l'importance de l'étayage à travers des instructions guidées directes dans la compréhension des élèves. En effet, si des feedbacks simples (comme seulement donner le résultat sans explication) seraient plus faciles à proposer, ils ne permettent pas à l'élève de s'améliorer.

2.1.3 Feedbacks et étayage

Un feedback est une réaction obtenue à la suite d'une action. Le feedback est important dans le processus d'apprentissage car il permet à l'apprenant de savoir si son action lui a permis de réaliser son but (Bosc-Miné, 2014). Crahay (2007) définit le feedback des enseignants comme une catégorie générique de modalités de régulation interactive en situation collective. Il existe différentes sortes de feedbacks.

- Le **feedback évaluatif** qui donne un jugement sur le travail de l'apprenant. Il peut être positif (« Bravo », « tu as bien réussi », ...) ou négatif (« Ce n'est pas juste. », ...).
- Le **feedback correctif** donne un retour sur le contenu du travail que l'apprenant a terminé. Ses erreurs lui sont montrées, ou les points sur lesquels il doit porter son

attention. Il y a alors deux possibilités : 1° montrer l'erreur et donner la solution et 2° donner des pistes de réflexions.

- Le **feedback actif** donne à l'apprenant des conseils sur comment il peut commencer une tâche spécifique, ou il est guidé dans les étapes suivantes du processus d'apprentissage. Cela peut aussi s'appeler le *feed forward*.
- Le **feedback motivant** encourage l'apprenant afin de faire un renforcement positif.

Ces feedbacks ont des niveaux de complexité différents et leur utilité dans les apprentissages de l'enfant est variable. Les feedbacks évaluatifs permettent à l'enfant d'avoir un retour direct sur ses efforts et les feedbacks motivants lui permettent de rester engagé. Ceux-ci ne lui apportent pas d'information supplémentaire au contraire des feedbacks correctifs et actifs. Moreno (2004) argumente sur la supériorité du feedback actif comparativement au feedback correctif qui ne fait que donner une solution sans guider l'élève. Le feedback actif apporterait un apprentissage plus profond.

Un feedback actif qui guide l'élève peut aussi s'apparenter à la notion d'échafaudage. L'échafaudage désigne l'ensemble des interactions et d'assistance de l'adulte permettant à l'enfant d'apprendre à organiser ses conduites afin de pouvoir résoudre seul un problème qu'il ne savait pas résoudre au départ. Selon Bruner (1983), il existe différentes manières de pratiquer l'échafaudage :

- L'enrôlement (reformulation du but de la tâche, motivation, soulever l'intérêt, donner envie d'apprendre).
- La réduction des degrés de liberté (donner quelques orientations, quelques explications supplémentaires).
- Le maintien de l'orientation (apporter un soutien, des encouragements centrés seulement sur la tâche).
- La signalisation des caractéristiques déterminantes (souligner les critères de réalisation et de réussite de la tâche : conceptualisation).
- Contrôle de la frustration (éviter le découragement lors d'échecs répétés).
- La démonstration (exemples ou modèles utiles).

La qualité relationnelle de l'étayage n'est pas à négliger non plus. Elle consiste à favoriser une interaction contenant et enthousiaste de l'enseignant qui va observer, accompagner et soutenir l'élève dans son apprentissage notamment lors des situations d'échecs qui peuvent le démobiliser.

Ces principes pédagogiques sont adaptables à la tablette numérique. Etant donné l'interactivité de cet outil, ses fonctionnalités permettent d'offrir des feedbacks adaptés de façon instantanée aux actions de l'élève sans la présence de l'adulte. Par ailleurs, les enfants d'âge préscolaire sont capables de comprendre des consignes vidéo données en amont pour expliquer le principe d'un exercice sur tablette numérique (Hiniker et al., 2015). Il est donc capable de comprendre des consignes et feedbacks qui lui sont données à travers cet outil.

Outre les caractéristiques pédagogiques, il existe divers moyens de rendre une application ludique sans négliger des objectifs d'apprentissage. Parmi les objets divertissants qui peuvent être inclus pour faire passer des messages éducatifs, le rôle des mascottes est de plus en plus discuté. C'est souvent à travers elles que peuvent se jouer les feedbacks et étayages, leur donnant un rôle similaire à celui de l'enseignant. Les relations que peuvent entretenir les utilisateurs avec ces mascottes fait partie des études concernant les interactions parasociales.

2.1.4 L'interaction parasociale

Une interaction parasociale (Giles, 2002) se réfère à la relation indirecte et unilatérale qui peut s'établir entre une personne et une figure fictive telle qu'une mascotte. La qualité de l'interaction parasociale est associée à des interactions riches et adaptées, au développement d'un engagement dans la tâche qui favorise un apprentissage profond (Gray et al., 2017). L'interaction parasociale est différente du phénomène où l'individu s'identifie à la figure fictive (i.e. Chory-Assad & Yanen, 2005). Rubin et Perse (1987) pensent que la formation d'attachement viendrait d'un « instinct humain altruiste » qui ne prend pas en compte la distance potentielle séparant les individus impliqués. Lorsque cette distance est grande, elle est de l'ordre de l'interaction parasociale. Giles (2002) pointe le fait qu'il peut y avoir un certain degré d'interaction parasociale même dans un cadre social, donnant l'exemple d'un étudiant ayant des sentiments pour un camarade de classe avec qui il n'a jamais interagi directement.

En utilisant l'apport des précédentes recherches sur la question, Giles (2002) développe un modèle de compréhension de l'interaction parasociale. Ce modèle est composé de deux idées principales : (1) Il y a un continuum entre les relations sociales et parasociales ; (2) Il y a des processus permettant la production d'une interaction parasociale lors de la rencontre de l'individu à une figure dans un média. A la fin du continuum, les interactions sont pleinement parasociales. Giles (2002) dissocie les rencontres dans ce cadre en trois ordres d'authenticité :

- Le premier concerne les figures médiatiques s'adressant directement au spectateur ;
- Le deuxième concerne les personnages de fiction joués par des acteurs qui, eux, sont possibles de rencontrer dans la vraie vie ;
- Le troisième concerne les personnages de fiction, cartoons/dessins animés, qu'il est impossible de rencontrer dans la vraie vie.

Lorsqu'un individu est impliqué dans une interaction parasociale, l'activité cognitive consiste majoritairement à juger le personnage à partir de connaissances acquises ou faites sur celui-ci. Les autres possibilités d'actions possibles par la personne peuvent être issues des différentes formes de relations citées par Cohen (1999) qui sont : interagir, apprécier, s'identifier, être influencé, etc. ... D'autres rencontres avec le personnage média peuvent renforcer ou arrêter l'interaction parasociale. Il peut exister une influence d'autres individus dans l'interaction parasociale qui pourront changer les comportements vis-à-vis de ce personnage : soit pendant le moment même de l'interaction, soit à posteriori.

Les études sur les interactions parasociales sont encore en expansion, et de nombreux points à leur sujet restent à définir. Dibble et Rosaen (2011) font la remarque que les études en interaction parasociale s'intéressent le plus souvent à la perception d'un lien d'amitié entre l'individu et la figure médiatisée, soit une vision positive. Cependant, ces auteurs expliquent que l'individu peut tout autant faire preuve d'interaction parasociale avec des personnages qu'il n'aime pas. Ils cautionnent aussi l'idée qu'il faut savoir faire la distinction entre l'interaction parasociale qui renvoie aux comportements pendant le visionnage du média et la relation parasociale qui renvoie aux comportements à posteriori. Cohen (1999) fait aussi une distinction entre l'affinité et l'interaction parasociale. De plus, les recherches doivent considérer les avancées technologiques pour prendre en compte le cas des interactions parasociales à l'ère du numérique. De plus en plus de travaux apparaissent à ce sujet sur l'influence des mascottes dans

les médias éducatifs en faveur des apprentissages (Putnam et al., 2018 ; Richards & Calvert, 2017). Des études montrent ainsi que de très jeunes enfants ayant construit une forte relation parasociale avec un personnage de dessin animé apprennent avec celui-ci des compétences précoces en mathématiques qu'il peut ensuite transférer dans un autre contexte (Gola et al., 2013). Chez les enfants d'âge préscolaires, il semble que la confiance accordée au personnage fictif favorise plus ses apprentissages, comparée à l'identification à celui-ci ou son réalisme (Schlesinger et al., 2016).

Les connaissances que nous pouvons acquérir grâce aux résultats de la recherche nous permettent en tant que chercheurs de savoir ce qu'il est important d'incorporer dans une application éducative. Afin de mettre en place ces idées, il faut entrer dans une phase de conception de l'application. Or, la collaboration entre différents acteurs peut aussi s'avérer bénéfique pour le développement d'applications éducatives efficaces, ce qui amène au principe de co-conception.

2.2 La co-conception

Afin d'encourager la collaboration entre différents acteurs, des chercheurs ont élaboré des modèles théorisant la co-conception dans la démarche de développement d'applications.

2.2.1 Le *Research, Practice and Design framework*

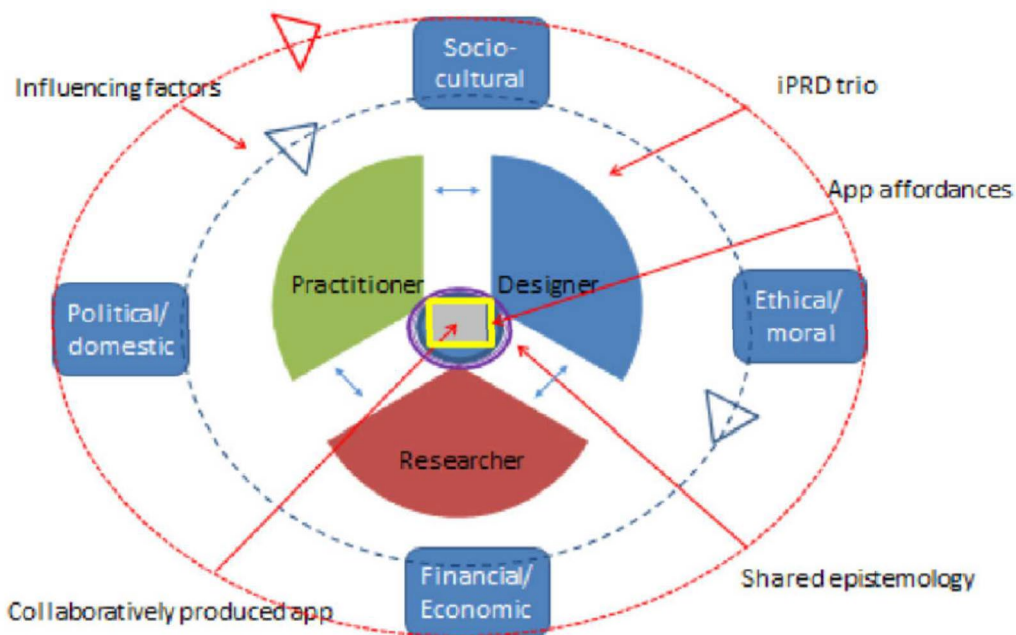
Kucirkova (2016) souligne le manque d'investissement des chercheurs dans des projets de co-conception. Elle a donc développé son modèle de *Research, Practice and Design framework* (iRPD). Ce modèle place la collaboration entre les différents acteurs comme un élément central lors de la création d'un logiciel applicatif. La triple collaboration entre chercheurs, praticiens et concepteurs d'applications permettrait aux chercheurs de nouvelles opportunités de diffusion à l'aide des outils technologiques. Ensuite, Kucirkova met en avant l'aspect qualitatif des applications développées et testées empiriquement par des équipes universitaires. Enfin, l'utilisation des applications peut être un moyen de faciliter la communication et les relations avec les utilisateurs. Le modèle iRPD se base sur cinq principes clefs :

- **La triple collaboration chercheurs-praticiens-concepteurs.** Le premier principe permet une meilleure implémentation de l'application dans le milieu souhaité. Dans cette perspective, des discussions, journées d'études ou workshops sont proposés afin de permettre un développement itératif de l'application.
- **Un domaine de connaissance partagé ou une épistémologie partagée.** Le deuxième principe requiert que les trois types d'acteurs engagés dans la conception de l'application doivent partager un même socle de connaissances concernant l'environnement d'apprentissage et les compétences des enfants afin de faciliter la communication.
- **La prise en compte des facteurs sociaux.** Le troisième principe de ce modèle se réfère à la prise en compte des facteurs socio-culturels lors du développement de l'application. Lors de la co-conception, des interactions entre les croyances, les valeurs et les normes des divers acteurs peuvent être observées. Tous ces facteurs limitent ou soutiennent la collaboration entre eux.
- **La sensibilisation aux possibilités offertes par l'environnement (affordances).** Le quatrième principe renvoie aux affordances qui, selon la théorie écologique, seraient conceptualisées comme des offres de l'environnement qui ont besoin d'être découvertes et réalisées par l'agent à travers l'action (Gibson & Pick, 2000). Les membres de l'équipe ont besoin d'utiliser et d'examiner l'outil afin de se rendre compte des possibilités qu'il offre. Ainsi, afin que tous les acteurs soient pleinement conscients des affordances de l'application, un temps et un espace spécifique doivent être déterminés pour examiner les affordances de l'outil et déterminer son potentiel d'utilisation. Par exemple, Pegrum et al. (2013) ont constaté que les tablettes peuvent contribuer à l'enseignement, mais que les enseignants doivent avoir la motivation, le temps et suffisamment d'opportunités pour analyser les affordances des appareils utilisés.
- **La pédagogie centrée sur l'enfant.** Le cinquième principe fait référence au rôle central et actif de l'enfant dans le développement, la pratique, la recherche et la conception d'application sur tablette. Ainsi, il est encouragé d'introduire l'enfant comme un élément actif dans les différentes étapes de la recherche et de la conception. Dans la

mesure du possible, il est recommandé de lui demander ses retours sur l'application et d'en observer sa prise en main.

Il n'existe pas de hiérarchie entre ces cinq principes. Cependant, même s'ils sont présentés comme des facteurs individuels pour faciliter leur explication, il existe d'importantes et complexes interactions entre eux (cf. Figure 1).

Figure 1. Illustration du modèle iRPD. Tiré de « iRPD - A framework for guiding design-based research for iPad apps », par N., Kucirkova, 2016, *British Journal of Educational Technology*, 48(2), p.605.



Ce modèle de Kucirkova met en avant l'importance du rôle du chercheur dans le développement d'applications éducatives, mais aussi de celui de l'enseignant. Leur collaboration avec les équipes de développement d'application est importante pour affiner la recherche concernant les applications éducatives pour enfants. En effet, de nombreuses applications s'auto-proclament à but éducatif alors qu'elles ne sont pas appropriées pour le développement des enfants, favorisant des contenus récréatifs de bas niveau n'encourageant pas un apprentissage profond (Papadakis et al., 2018a). Faire participer les chercheurs et les enseignants permet d'assurer la prise en compte de bonnes pratiques pédagogiques et de proposer des applications ludiques et éducatives au contenu riche stimulant les capacités des élèves.

Cette démarche de développement participatif est déjà utilisée en dehors du domaine de l'éducation et a pour but favoriser l'utilisabilité, l'acceptabilité et l'efficacité du produit final en impliquant l'utilisateur (Simonsen & Robertson, 2012). C'est dans un ordre d'idée équivalent que nous trouvons la méthode agile dans le domaine de l'entreprise.

2.2.2 La méthode agile

Dans le déroulement classique d'un projet, il est demandé au client de produire un cahier des charges et à l'entreprise de créer le produit en se référant à celui-ci. Cette façon de faire ne prend pas en compte la possibilité que la demande puisse évoluer avec le temps. Par conséquent, le produit final est susceptible de ne pas répondre aux attentes du client. Afin de parer à ce problème, la méthode agile a été développée. Cette méthode est initialement introduite comme une méthode de développement rapide d'applications (*Rapid application development*) (Martin, 1992). Elle repose sur un cycle de développement itératif, incrémental et adaptatif des interactions entre le développeur et le client. Cette méthode favorise une démarche de co-développement et fortifie les liens entre les créateurs et les utilisateurs que les longues phases de programmation pouvaient finir par démobiliser (Collignon & Schöpfel, 2016).

Cependant, les méthodes agiles ne sont pas synonymes que de réussite. Collignon et Schöpfel (2016) soulignent l'importance de l'effort collectif et de la connaissance partagée entre les différents acteurs du projet. Si le sujet n'est pas maîtrisé, le résultat ne répondra pas non plus aux attentes. La méthode agile répond à un besoin des entreprises de proposer un meilleur travail collaboratif avec leurs clients afin de faire en sorte que les finalités des projets soient les plus proches possibles de leurs attentes. Cela permet ainsi de faciliter la communication entre les différents acteurs comme le recommande le modèle de Kucirkova. Dans le cas contraire, les échanges entre concepteurs et équipes universitaires peuvent s'avérer difficile s'ils ne sont pas en partenariat au départ.

Concevoir une application éducative permettant aux enfants d'apprendre de façon significative nécessite un travail de développement rigoureux. Tout d'abord, se référer à des théories actualisées sur les modèles d'apprentissages est nécessaire. Ensuite, pouvoir incorporer ces principes aux fonctionnalités de la tablette numérique est aussi à accomplir. D'autant plus que ces applications doivent être adaptées public et à l'environnement visés. La démarche de

co-conception permet de favoriser ces points en réunissant l'expertise des différents acteurs de l'apprentissage des enfants. Dans le cadre de l'apprentissage en maternelle, impliquer les acteurs éducatifs permet d'inclure le cadre d'usage de l'école et ainsi incorporer des contenus qui correspondent aux attendus officiels des Programmes de l'Education Nationale.

Dans le cadre de la thèse, notre équipe a développé une application éducative pour enfants d'âge préscolaire en collaboration avec des enseignants de maternelle et des développeurs informatiques.

2.3 Article 1 : *Co-designing a new educational tablet app for preschoolers*

Résumé en français :

Cet article a pour objectif de créer une application éducative sur tablette pour développer les compétences en LNE des enfants scolarisés à l'école maternelle. Basé sur le modèle iRPD de Kucirkova (2016), des chercheurs, des acteurs éducatifs et des informaticiens ont collaboré pour créer une application fondée sur les résultats des travaux scientifiques et prenant en compte les contraintes pédagogiques de la salle de classe. Pour la création de cette application, nous avons établi une heuristique en trois étapes : (1) une phase de recherche, (2) une phase de co-conception et (3) une phase de développement informatique.

Durant la phase de recherche, nous avons procédé dans un premier temps à l'examen de la littérature scientifique concernant les applications éducatives auprès des enfants d'âge préscolaire dans les champs de la psychologie, l'ergonomie et les sciences de l'éducation. Dans un second temps, nous avons examiné les applications éducatives proposées par le marché. Enfin, nous avons étudié les programmes de l'école maternelle française. Ce travail nous a permis de dégager cinq principes qui ont présidé l'élaboration de notre application :

- 1° Une adéquation aux programmes de l'école maternelle.
- 2° Une progression en cinq périodes du début de la Moyenne Section (MS) à la fin de la Grande Section (GS).
- 3° Une ergonomie adaptée aux enfants et favorisant leur autonomie.
- 4° Un aspect ludique à travers des activités variées et la présence d'une mascotte.
- 5° Des plus-values pédagogiques.

À partir de ces cinq lignes directrices, l'équipe de co-conception a conçu l'application durant la phase de co-conception. Cette dernière a consisté en le choix des compétences à travailler avec l'application et l'élaboration conceptuelle des activités. Les activités ont ensuite été développées informatiquement pendant la phase de développement par une entreprise spécialisée.

Le travail de co-conception a permis de créer l'application AppLINOU (Apprendre avec Linou en maternelle). Elle fait partie des rares applications françaises développées par une

équipe universitaire pour des enfants d'âge préscolaire. En outre, cette application travaille un large panel de compétences en LNE. Une description de l'application ainsi de ses fonctionnalités sont présentées dans l'article. L'Annexe 1 donne plus de détails sur le contenu de l'application.

L'application a ensuite été testée par une enseignante expérimentée de l'équipe de co-conception qui l'a utilisée en classe. Elle a effectué le test avec un groupe de quatre garçons et filles, âgés de 4 à 5 ans et ne présentant aucun trouble du développement. Selon les observations de l'enseignant, les enfants ont compris les instructions et semblaient à l'aise pour utiliser les fonctionnalités de l'application. Cependant, la capacité à utiliser l'application de manière autonome différait d'un enfant à l'autre. Les élèves ayant des difficultés d'apprentissage ont besoin de plus de temps pour se familiariser avec ses fonctionnalités et pour accomplir les tâches. Les enfants ont apprécié la mascotte, car elle les a aidés pendant l'activité et ses feedbacks les ont encouragés à continuer. De plus, comme les activités portaient sur des concepts que les enfants avaient déjà vus en classe, l'application a contribué à renforcer ce qu'ils avaient appris. Ces premiers tests suggèrent que l'ergonomie, les fonctionnalités et le contenu de l'application sont adaptés aux jeunes enfants et que l'application peut être considérée comme opérationnelle. L'étape suivante consiste à vérifier ces premières conclusions en effectuant des tests à plus grande échelle.

Hoareau, L., Thomas, A., Tazouti, Y., Dinet, J., Luxembourger, C., Hubert, B., Fischer, J.P., & Jarlégan, A. (2020). Co-designing a new educational tablet app for preschoolers. *Computers in the Schools* <https://doi.org/10.1080/07380569.2020.1830253>

Co-designing a new educational tablet app for preschoolers

Lara HOAREAU^a Youssef TAZOUTI^{a*}, Jérôme DINET^a, Aude THOMAS^a, Christophe LUXEMBOURGER^a, Blandine HUBERT^a, Jean- Paul FISCHER^a, Annette JARLÉGAN^b,

^a 2LPN (EA 7489) Université de Lorraine, Nancy, France,

^b LISEC (EA 2310) Université de Lorraine, Nancy, France,

Abstract

This paper describes a French research project to co-design an early literacy/early numeracy tablet app for kindergarten students. In order to create an app that takes into account classroom/teaching constraints and the results of recent research, we adopted Kucirkova's (2016) Research, Practice and Design framework and followed a co-design methodology involving researchers, education professionals, and software engineers. We describe the design process and the app's educational content, together with the results of an initial trial of the app on a small sample of preschoolers, which showed that it is ready for larger-scale testing. We conclude by discussing the specificities of our project and its contribution to the literature on the development of classroom apps for preschoolers.

Keywords: co-design; touchscreen tablet; educational app; preschool

Introduction

Digital devices in all their forms have become a common feature of the educational landscape in many countries, largely in response to reports highlighting the importance of digital technology in education, notably from the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). In France, for example, most schools now have access to computer technologies, partly thanks to the government's "digital education plan", launched in May 2015, which has reduced regional and social differences in access to digital tools and helped ensure that teachers and students everywhere benefit from the opportunities provided by new technologies.

The widespread adoption of digital tools, including tablet computers, for classroom use has been accompanied by exponential growth in the number of educational apps on the market. Research into the way these apps are used in education and their impact on learning has found that young children often benefit more from learning situations centered round tablet computers than from control situations not involving digital tools (see Xie et al. (2018) for a meta-analysis and Griffith et al. (2020) for a review of the literature). However, studies in this field have employed widely differing methodologies, a fact that led both Xie et al. and Griffith et al. to call for further research into the features of apps that facilitate learning. Moreover, simply giving students an app and telling them to use it is not enough. As Archer et al.'s (2014) tertiary meta-analysis of three earlier meta-analyses showed, providing teachers and users with training and support can increase a digital tool's effectiveness. Archer et al. also highlighted the paucity

of studies involving preschoolers and hence the need for more research in order to create well-grounded classroom tools for this age group and identify the factors that impact their effectiveness.

The present paper describes the stages in and results of a French applied research project to design a classroom tablet app for use by preschoolers. Designed in collaboration with education professionals, the app's aim is to help children develop the early literacy and early numeracy skills needed for further learning. We conclude by discussing the use of educational apps in the classroom.

Co-design model for educational apps

A review of the literature reveals a substantial body of research on app design. According to Hirsh-Pasek et al. (2015), most currently available educational apps for children merely imitate what is already offered by other media, such as books, television, and video games. However, if apps are to fully exploit their educational potential, app development must creatively combine the possibilities provided by computer technologies with principles identified by research in the education sciences and psychology, as adapting educational apps to classroom situations requires a thorough understanding of teaching and learning processes. For example, the Preschoolers' Mobile Educational Games (Pre- MEGa) model (Shoukry, Sturm, & Galal-Edeen, 2012) provides a list of characteristics that can be used to apply research findings to developing and evaluating apps for preschoolers.

Although many research groups have developed classroom apps, they are not always widely adopted by teachers. This may be because the app is not suited to the classroom environment and/or because it is incompatible with the way teachers teach. One way to overcome this problem is for researchers to work in collaboration with practitioners.

Nevertheless, researchers are rarely involved in co-designing and co-developing educational apps and deploying them in classrooms. Kucirkova's (2016) Research, Practice, and Design (iRPD) framework addresses this issue by placing collaboration between researchers, practitioners, and app designers at the center of the app creation process. As Kucirkova noted, apps that are developed and tested empirically in conjunction with university teams tend to be of high quality. What is more, such three-way collaborations provide opportunities for furthering educational research. The iRPD framework is built on five key principles.

- (1) *Three-way collaboration between researchers, practitioners, and designers.* The first principle aims to improve the way an app is used in its target setting. This is achieved by employing an iterative development process involving discussions between stakeholders, often conducted during workshops.
- (2) *A shared field of knowledge or epistemology.* The second principle stresses the fact that communication between the three types of stakeholder involved in designing apps will be effective only if they have a shared understanding of the learning environment and children's skills.
- (3) *Awareness of social factors.* The third principle highlights the need to take into account social factors when developing an app. Interactions between stakeholders' beliefs can affect the co-design process by impeding or facilitating collaboration.
- (4) *Awareness of the possibilities provided by the environment (affordances).* The fourth principle addresses the notion of affordances, which ecological theory conceptualizes as the offers the environment provides an individual and which can be perceived and realized through action (Gibson & Pick, 2000). Because determining an app's affordances requires team members to use the app and explore its potential, time and space must be set aside to do this.

- (5) *Child-centered pedagogy*. The fifth principle describes the central and active role children must play in researching, designing, using, and developing apps: Children must be involved as co-researchers throughout the research and design process.

We applied this framework when developing our app.

Early literacy, early numeracy and new technologies

Early literacy describes the knowledge, skills, and attitudes that form the developmental precursors of reading and writing (Whitehurst & Lonigan, 1998). Lonigan and Shanahan's (2008) literature review revealed several early literacy skills, including print knowledge, phonological awareness, and oral language. Early numeracy describes a distinct set of skills that are later combined to build more advanced mathematical skills (Purpura, Baroody, & Lonigan, 2013). Research has tended to focus on certain components of early literacy and early numeracy, such as story problems, numeral identification, and quantification (counting, estimating, or subitizing), which have been found to be good predictors of future literacy skills (e.g., Duncan et al., 2007; National Early Literacy Panel [NELP], 2008) and future mathematics skills (National Mathematics Advisory Panel [NMAP], 2008). Consequently, it is important for children to develop these literacy and numeracy skills as early as possible and to practice them via a wide variety of activities.

Digital technologies (ebooks, tablet computers, etc.) can have a positive impact on the development of early literacy skills such as letter knowledge, vocabulary (e.g. Neumann, 2018), and phonological awareness (Chera & Wood, 2003; Wood, Pillinger, & Jackson, 2010). However, as Yelland (2018) noted following a study of how tablets can help children acquire early literacy skills, new technologies should be seen as “complimentary to other resources, rather than alternatives, or in competition with, traditional modalities”. Educational apps can also be effective aids for developing early mathematical skills (Outhwaite, Gulliford, & Pitchford, 2017), although they are most likely to have a positive impact when they are based on a solid and well-constructed teaching program suited to the child's development stage (e.g., Pitchford, 2015, Schacter & Jo, 2016). Finally, both Xie et al.'s (2018) meta-analysis and Griffith et al.'s (2020) literature review showed that tablet apps are most effective as learning tools in the case of technological, scientific, and mathematical subjects. In fact, a major strength of apps is that they allow students to actively and repeatedly practice target skills.

Study objectives

The present study was part of the LINUMEN² (Littératie et NUMératie Emergentes par le Numérique – Early Literacy and Numeracy through Digital Technologies) project, whose aim was to create an educational tablet app for developing early literacy and numeracy skills. The resulting app had to be suited to the needs of preschoolers and for use in France's *écoles maternelles* (kindergarten).

Our study addressed three questions:

- 1) Which models and concepts are most suited to designing an educational tablet app for use in the classroom?
- 2) What functionalities should the app contain in order to support learning by children of preschool age?

² 1The LINUMEN project was awarded funding under the e-FRAN competitive grant scheme (Official Gazette, 2015), which is part of France's “Investment for the Future Program 2” (Programme d'Investissement d'Avenir 2, <http://www.caissedesdepots.fr/espaces-de-formation-de-recherche-et-danimation-numeriques-e-fran>).

- 3) What are the advantages and disadvantages of co-designing the app through a collaboration between researchers, practitioners, and software designers?

We begin by describing the app development process and how we applied Kucirkova's (2016) iRPD co-design framework. We felt it was essential to include education professionals in the app design process, as they have first-hand knowledge of the situations in which it will be used. We then present the app's pedagogical content, which was designed at the end of the collaborative process, and provide feedback from a small group of students who tested the app in the classroom. Finally, we discuss how the approach we used fits into research on educational apps for schools.

Method

We followed a three-stage app development process comprising a research phase, a co-design phase, and a software development phase.

Research phase

The research team consisted of doctoral students and research professors in the fields of developmental psychology, education sciences, and computer sciences. We began by reviewing the literature on educational apps for preschoolers, which extends across several emerging fields of study, focusing on discussions of the principles of app development. At the same time, we looked at currently available educational apps for preschoolers. The huge selection of educational apps available on download platforms (App Store, Google Play, etc.) makes it very difficult for educators to know which are the most appropriate. What is more, these apps vary greatly in terms of their pedagogical quality. Game-based apps tend to feature highly colorful worlds and favor play over learning. Their primary aim is to entertain, rather than to educate, so ergonomics and pedagogy are eclipsed by the needs of marketing, which promotes their entertainment value rather than clear educational objectives (Hirsh-Pasek et al., 2015). The worlds featured in academic and research-based educational apps tend to be simpler but still engaging to children. These apps can be used at home and are not necessarily designed specifically for classroom use.

In the light of these observations, we decided to ensure our app met the following five criteria:

- (1) The app's content must be aligned with the *école maternelle* curriculum.

École maternelle is a pillar of France's school system; it is free for all students and has been obligatory since the beginning of the 2019-2020 school year. Recent *école maternelle* curricula (MEN, 2015) have included entire modules focusing on early literacy and early numeracy. By designing our app's activities so they are aligned with the national curriculum, we could be confident that the activities' aims would be immediately familiar to teachers and easy to incorporate into their usual teaching practices. Hence, the new app would be both acceptable to and usable by teachers, and provide them with a new tool for teaching early literacy and early numeracy skills.

- (2) Activities must follow a five-level progression from the start of *moyenne section* (age four) to the end of *grande section* (age five).

All the activities follow a five-level progression, in step with France's school terms and the progression outlined in the national curriculum. The difficulty of the tasks within each activity increases as children progress from one level to the next.

- (3) The app's ergonomics must be suited to children and enable them to work independently.

Children Computer Interaction (CCI) is an emerging field of research that Read and Bekker (2011) defined as the study of children's activities, behaviors, concerns, and abilities when they interact with digital tools. These interactions generally occur under the supervision of a third party, so children have only partial control over activities.

Most children are capable of interacting with a tablet from age 2 (Ahearne et al., 2016), even if 2-year-old and 3-year-old children cannot perform more difficult gestures, such as dragging and dropping and two-finger spreading (Abdul-Aziz, 2013). In addition, the ways children use tablets evolve between the ages of 5 and 40 months (Cristia & Seidl, 2015), and the new gestures they learn make it easier for them to use tablets in the classroom. Children from the age of 3½ are able to understand verbal and audiovisual instructions given by a tablet (Hiniker et al., 2015).

- (4) Activities must be fun and varied, and include a mascot to encourage children.

The Entertainment Education Paradigm (EEP) was developed in another emerging field of research, Entertainment Education, which addresses new perspectives on children's learning. The EEP, defined as "the intentional placement of educational content in entertainment messages" (Singhal & Rogers, 2002, p. 117), is based on the principles of motivation, reinforcement, and blending (Lewis & Weber, 2009).

Motivation is achieved by making an app's activities entertaining enough to maintain a child's interest in learning. Reinforcement refers to the fact that the interactions included in a game (feedback, rewards, progressive difficulty, etc.) encourage children to keep playing, thereby strengthening learning. Finally, blending is the need for a game's educational message to be perceived for learning to occur. Consequently, an app must be both entertaining and educational, but the entertainment aspect must not eclipse the learning goal.

Individuals can form indirect and unilateral relationships with fictional characters via a phenomenon called 'parasocial interaction' (Giles, 2002). When parasocial interaction results in a child forming a positive relationship with a fictional character, and this relationship includes rich and suitable interactions, it can increase the child's implication in a task and thereby promote deep learning (Gray, Reardon, & Kotler 2017). Hence, we decided to enhance the entertainment aspect of our app by including a mascot.

- (5) The app must provide added value.

Hirsh-Pasek et al. (2015) drew on work on the science of learning to develop a method for determining the potential educational impact of apps aimed at children between the ages of 0 and 8 years. They found that "four pillars of learning"—active learning, engagement in the learning process, meaningful learning, and socially interactive learning—have the greatest impact on children's learning. Associating these four pillars with an explanation of the learning goal should lead to high-quality learning.

Active learning describes a child's cognitive involvement in a task: When children are cognitively involved ('mind-on'), their responses will be 'considered', rather than 'mindless', that is, mere reactions to a stimulus. An app must give children enough control so they can

progress at their own speed without losing interest. Examples of active learning include handling ‘real’ objects while working on a tablet, manipulating letters/words/sentences in order to communicate, and reordering musical notes to create a tune.

Engagement refers to a tablet’s ability to maintain a child’s sustained attention. Ways of achieving engagement include ensuring there are no distractions on the screen, maximizing ‘responsivity’ so the interface responds instantaneously to a user’s actions, ensuring the app provides appropriate feedback, and designing sets of tasks so they form a coherent whole. Engagement impacts a child’s motivation, both extrinsic (appropriate rewards, etc.) and intrinsic (awards based on children’s desire to improve, learn new things, etc.).

For an app to promote meaningful learning, it must enable children to see how the things they are learning relate to their personal experience and help them extend their knowledge in order to develop new concepts. This can be done, for example, by asking children to recognize triangular shapes in more complex scenes. Socially interactive learning occurs when an app encourages children to interact with their peers or other people (cooperation/collaboration), and with any characters included in the app, via parasocial interaction.

Co-design phase

We formed our co-design team by inviting ten education professionals, including kindergarten teachers, educational advisors, and a school inspector, to join the university professors and doctoral students who had conducted the project’s research phase. As well as providing a critical perspective based on their teaching experience, these education professionals drew on their involvement in teacher training to add another dimension to the app. In fact, we did not intend for our app to be just a learning tool for students, we also conceived it as a training tool for teachers, as its content can introduce teachers to other ways of teaching early literacy and numeracy skills. We also wanted to ensure that the app’s content is aligned with the latest *école maternelle* curriculum.

The team designed the app’s content so it met the five criteria described in the previous section. We divided the design process into a series of tasks, conducted over a six-month period, from January to July 2018. The first task was to select the early literacy and early numeracy skills on which to focus. We chose the ten skills listed in Table 1 because they are good predictors of future skills (e.g., Duncan et al., 2007; NMAP, 2008) and because they are described explicitly in France’s *école maternelle* curriculum (MEN, 2015). Completing this task as a team meant that all the team’s members shared a common knowledge base.

Table 1. The early literacy and early numeracy skills targeted by our app.

Skills	Description
Numeracy skills	
Number knowledge	Child's ability to recognize a digit or a number.
Counting	Child's ability to count the number of items in a set.
Addition-subtraction	Child's ability to add and subtract, but without involving mathematical symbols.
Seriation	Child's ability to complete an arithmetic series according to the rules of next after $n = n+1$ and next before $n = n-1$.
Comparing sets	Child's ability to identify which of two representations of a numerical quantity is the larger.
Literacy skills	
Letter knowledge	Child's ability to recognize a letter printed as a capital or written in cursive script.
Vocabulary	Child's knowledge of everyday words (nouns, adjectives, adverbs, etc.).
Phonological awareness	Child's ability to detect and manipulate the sound units of oral language. It involves identifying the syllables in a word and manipulating them (inverting syllables, deleting syllables).
Comprehension	Child's ability to understand sentences or texts presented orally.

Our second task was to draw up an outline for the activities, including the information needed to identify and describe each one, that is, its title, the early learning domain, graphic design, skills targeted, tasks required, and the content of the items for each level. We then focused on pedagogical aspects, including priming, instructions, and feedback. The Results section presents two of the activities included in the app.

The third task involved converting this outline into a detailed specification that would provide the foundation for creating the app's activities. Although the *école maternelle* curriculum sets out specific goals, they can be achieved in a variety of ways. Furthermore, developing an activity involves much more than simply describing a setting and/or scenario (e.g., animals on a farm); it is necessary to draw up a detailed description of the activity's pedagogical content and to consider how his content can be adapted so its difficulty increases to suit children's evolving abilities as they progress through *école maternelle*. The activity design process was carried out by a combination of sub-groups and the whole co-design team. The sub-groups produced preliminary designs for the activities in each of the early literacy and early numeracy domains addressed by the app, which they then presented to the whole team in order to obtain feedback. These discussion sessions highlighted the value of bringing together the different stakeholders' competencies. For example, the practitioners' pedagogical expertise and knowledge of classroom constraints were extremely valuable in choosing appropriate activities, whereas the researchers made sure the activities respected the five criteria described in the Introduction. The researchers also kept the process on schedule and made sure the app was suited to the situations in which it would later be tested. The sub-groups then modified their activity designs to incorporate the remarks made during the whole-team sessions. We continued

this cycle of discussions until we had gone as far as we could in finalizing an activity. The co-design group had to make numerous decisions about the content of the app's activities. Although some team members initially had differing opinions about a few of the activities, we eventually managed to achieve a consensus. Moreover, we did not take any decisions that went against the criteria we had established.

Software development phase

We engaged LearnEnjoy, a French startup with experience in collaborating with university teams and the world of education, to develop the software for the new app. After receiving detailed descriptions of the app's 20 activities, LearnEnjoy applied an agile software development method called Rapid Application Development (Martin, 1992), which is an iterative and incremental process aimed at finding the best compromise between technical limitations and the desired functionalities. Achieving this compromise involved a long series of face-to-face and videoconference meetings between LearnEnjoy and the co-design team. In addition, time and financial constraints meant we were unable to fully incorporate some of the criteria contained in the original design specification we gave to LearnEnjoy. Thus, the co-design team had to prioritize the aspects most essential to producing a high quality educational app while making sure that the necessary compromises did not take away the essence of the activities. In addition, the team tested every new version of the app, on themselves and on children, until they arrived at the final version.

Results

The result of the co-design process was an app called AppLINO (*Apprendre avec Linou en maternelle* – Learn with Linou in kindergarten), which allows preschoolers to work on a wide range of early literacy and early numeracy skills. AppLINO is one of only a very small number of French apps for preschoolers to have been developed by a university team. As an initial test of the new app, we asked a teacher member of the co-design team to use it in the classroom with a group of students.

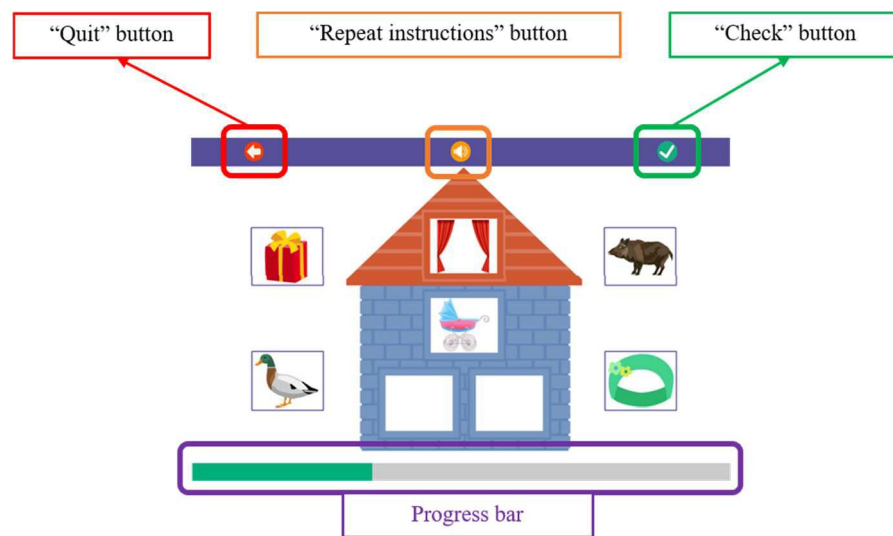
Description of the app

AppLINO contains 20 activities that can be used in the classroom to help children develop a range of early literacy and early numeracy skills (see Table 1). All 20 activities were designed with reference to the five criteria drawn up by the co-design team. Each activity has five levels, which correspond to the progression through *école maternelle* from the beginning of *moyenne section* (age 4) to the end of *grande section* (age 6). As children progress from one level to the next, the activity remains the same, but the difficulty of the items increases. Each level includes, on average, 15 items of variable difficulty. An introductory video at the start of each level explains what the tasks involve and provides an example showing how to complete them.

These activities include features to enhance their educational impact, most of which are presented by the mascot, Linou, who introduces each activity, explains to children what they are going to learn, and provides feedback. When a child successfully completes an item, Linou gives positive and motivating feedback. If a response is incorrect, Linou encourages the child to try again by providing negative, but still motivating feedback. If the second attempt is also incorrect, Linou provides guidance on how to obtain the correct response. If the child still answers incorrectly, despite this guidance, Linou provides and explains the correct answer.

The app's activities have been designed so they can be completed using simple gestures (e.g., drag and drop, selecting icons) that are within the capabilities of young children. We also included a number of additional functions that reinforce the activities' pedagogical impact (see Figure 1). For example, to find out whether or not a response is correct, children have to tap the 'check button'. Performing this action gives them time to think about their answers, which would not be the case if the app checked their answers automatically. Another button allows children to listen to the instructions again at any time during an activity, and a progress bar at the bottom of the screen shows how many items have been completed and how many items remain.

Figure 1. The app's functions shown in context



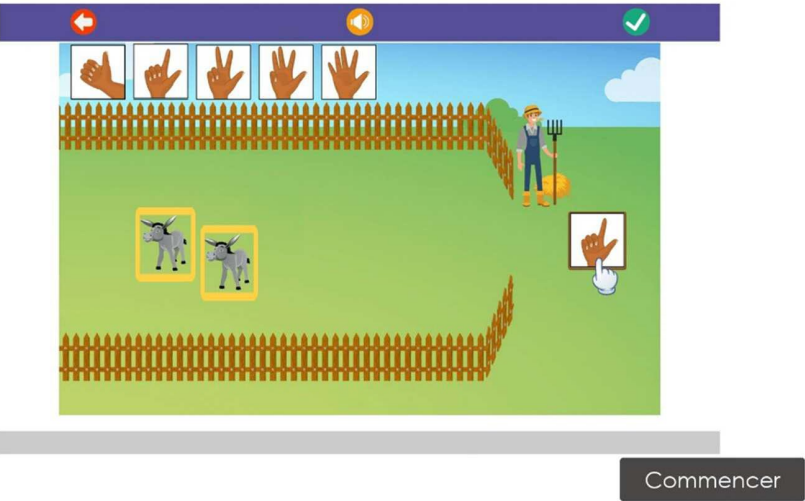
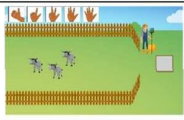
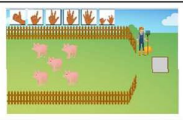
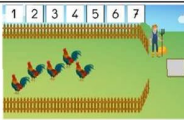
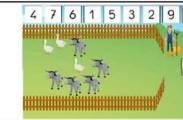

The following descriptions of a numeracy activity and a literacy activity illustrate the principles underlying all the apps' activities.

Example of a numeracy activity

Animal Enclosure is an activity set on a farm. On opening the activity, children see a priming video explaining the activity's goal, which is to count the number of animals in the enclosure and choose the right answer from a series of icons. The icons show pictures of fingers, pictures of constellations, or numbers. Children give their answers by dragging one of the icons into the box provided. If an answer is correct, the mascot, Linou, congratulates the child and encourages him or her to continue the activity. If the answer is incorrect, Linou asks the child to try again. If the child's second attempt is also incorrect, Linou helps him or her by orally and visually counting the animals in the enclosure. If the child still answers incorrectly, Linou counts the animals and provides the right answer.

The animals in the enclosure are presented in four different ways in order to vary the difficulty of the items across the five levels. At first, the animals are shown as a geometric constellation (square or another pattern). Subsequent levels show the animals arranged either randomly or linearly but spaced the same distance apart. The final level shows the animals in groups (2+1, 3+1, 2+2, etc.). Finally, the types of animals shown also vary and some pictures show animals of different sizes. Table 2 illustrates this activity.

Table 2. Presentation of the “animal enclosure” numeracy activity

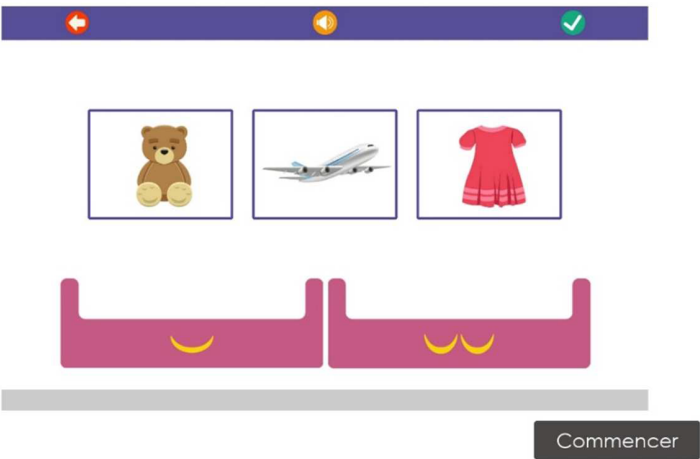





Start screen: Priming video				
				
<p>Linou says: “Look, I’m going to help the farmer say how many animals there are in the enclosure”. The animals in the enclosure are highlighted one-by-one: “One and one, that makes two. I drag the right answer into the box. Then, when I’ve finished, I tap the (check) button”. During the explanation, a virtual hand drags the correct answer into the answer box and then taps the ‘check’ button. “I’m right. There are two animals in the enclosure. Now, it’s your turn.”</p>				
Increasing difficulty of the items according to level				
Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
				
Feedback from the mascot				
1 st attempt	2 nd attempt	3 rd attempt		
Linou encourages the child to try again.	Linou counts the animals in the enclosure out loud; the animals blink as they are counted.	Linou counts the animals in the enclosure out loud and highlights the correct answer.		

Example of an early literacy activity

In the *Harvesting Syllables* activity, children see pictures of objects above baskets corresponding to different numbers of syllables (see Table 3). The priming video explains that the aim is to place each word/picture in the corresponding basket. A crescent symbol on each basket shows the number of syllables a word must contain in order to be put into that basket (1 crescent = 1 syllable). On tapping a picture, a child hears it pronounced in a way that emphasizes the separate syllables. If the child chooses the correct number of syllables, Linou congratulates him or her and provides encouragement to continue the activity. If one or more answers are incorrect, all the pictures move back to their original positions and Linou asks the child to try again. If the child's second answer is also incorrect, the pictures are put in the correct baskets and Linou explains the answer.

The words included were chosen on the basis of the number of syllables they contain, from one to four, and on the frequency with which they are used in French, which had to be high. Table 3 illustrates this activity.

Table 3. Presentation of the Harvesting Syllables literacy activity.

Start screen: Priming video				
				
<p>Linou says: “Count the syllables in each word and put the picture in the correct basket. I tap the picture of a BEAR and drag it into the correct basket.” The virtual hand drags the BEAR picture into the basket for one-syllable words. “And again: AIRPLANE. DRESS.” The virtual hand continues to drag the pictures into the correct baskets. “I have put all the pictures in the baskets; now I check my answer”. The virtual hand taps the ‘check’ button.</p>				
Increasing difficulty of the items according to level				
Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
				
Feedback from the mascot				
1 st attempt		2 nd attempt		
Linou encourages the child to try again.		The pictures are placed automatically in the correct baskets and Linou explains the answer.		

Testing the app

In order to test the co-designed app, we asked an experienced teacher from within the co-design team to use it in the classroom. She carried out the test with a group of four boys and girls, aged between 4 and 5 years and with no known developmental disabilities (see Figure 2). She began the session by introducing the app to the group of four children, explaining its functionalities, introducing the mascot, Linou, and explaining its role. She then asked the students to do a numeracy activity and a literacy activity on their own while she supervised what they were doing. She was therefore able to determine how well the children grasped the app and whether it worked as intended; that is, whether it is ergonomically suited to young children; whether the children understood the initiation and instructions, whether they found the app's functionalities (ability to replay instructions, feedback, role of the mascot, etc.) useful, and the average time they took to complete an activity.

According to the teacher's observations, the children understood the instructions and appeared to be comfortable using the app's functionalities. However, the ability to use the app autonomously differed from child to child, which suggests that students with learning difficulties will need a lot more time to become familiar with its functionalities and to complete the tasks. The children really liked the mascot Linou, as it helped them during the activity and the feedback it provided, depending on their answers, encouraged them to continue. Moreover, because the activities dealt with concepts the children had already seen in class, the app helped reinforce what they had learned. These initial tests suggest that the app's ergonomics, functionalities and content are suitable for young children and that it can be considered operational. The next step will be to check these initial conclusions by conducting larger-scale tests.

Figure 2. Testing the app with students



Discussion

The present paper describes a co-design approach for creating an educational app to help preschoolers develop their early literacy and early numeracy skills. Our work provided answers to our three research questions.

Models and concepts applied to design our educational app

We created the app by applying a co-design methodology and following Kucirkova's (2016) iRPD framework, which was drawn up in response to calls to involve researchers more closely in co-designing educational apps. This research-based input helps ensure that apps are better suited to the needs of their intended users (e.g., Ebner, Kolbitsch, & Stickel, 2010). As Kucirkova (2016) noted, the iRPD framework's goal is to give researchers, designers, and practitioners "thinking tools" that they can use to progressively "refine their practice" and "enrich traditional design-based research". We applied the iRPD's five guiding principles throughout the co-design process. Moreover, designing the app's content in collaboration with education professionals allowed us to create content that meets the needs of both preschoolers and kindergarten teachers. In the present study, we used Hirsh-Pasek et al.'s (2015) four pillars of learning to identify key criteria that had to be met when designing the app's pedagogical content.

Functionalities that support learning by preschoolers

As our app's primary goal is to support learning by preschoolers, we incorporated specific pedagogical features such as priming, feedback, and support. We also drew on research in the field of child-computer interaction (e.g., Read & Bekker, 2011) to adapt the app's ergonomics to young children's abilities by, for example, introducing 'check' and 'repeat instructions' buttons. Finally, in line with the Entertainment Education Paradigm (Lewis & Weber, 2009), we created a fun learning environment and included a mascot, which plays a central role in running the activities. Only by adopting a multidisciplinary approach to educational app development was it possible to take into account such a wide range of pedagogical, ergonomic, cognitive, and social factors.

Contributions and limits of the co-design approach

Rapid Application Development (Martin, 1992) proved to be an effective software development model for our app. Involving software engineers and the co-design team in an iterative, incremental, and adaptive development cycle enabled us to enrich the app and identify all of its affordances. Nevertheless, a number of limitations affected our collaborative process and prevented us including all of the co-design team's ideas into the app. For example, we did not have the time or technical resources to include richer and more interactive feedback.

We feel that the type of collaboration envisaged by the iRPD framework is an excellent way of developing educational apps. Constructive discussions between members of a multidisciplinary co-design team are conducive to producing high quality content that is likely to meet users' needs. In the case of Applinou, these discussions allowed us to ensure the app's activities were pedagogically sound and based on principles established in the literature. Designing the activities so they are aligned with the *école maternelle* curriculum, also means that Applinou is directly relevant to teachers. Hence, our co-design approach enabled us to optimize Applinou's ergonomic and pedagogical features and thereby produce an app that is very different to most other early learning apps on the market.

Conclusion

AppLINOU is one of only a few French apps for preschoolers to have been developed by a university team. As a continuation of the LINUMEN project, we began carrying out longitudinal tests of the app in around 40 *école maternelle* classes in March 2019. These large-

scale tests will continue for two years and provide data on ways of improving future versions of the app. For example, we are currently envisaging modifying the role of the mascot, the feedback provided, and the priming videos in order to help children understand the activities more easily.

Acknowledgements: We would like to thank the Caisse des Dépôts, which funded this project via an e-FRAN (Espaces de Formation, de Recherche et d'Animation Numérique) grant, awarded under the PIA 2 (Programme d'Investissement d'Avenir 2) program. We would also like to thank the Lorraine Region's education authorities for supporting the project and our colleagues in the co-design group.

Conflicts of interest

There are no conflicts of interest in this work.

References

- Abdul-Aziz, N.A.B. (2013). Children's interaction with tablet applications: gestures and interface design. *International Journal of Computer and Information Technology*, 2(3), 447-450.
- Ahearne, C., Dilworth, S., Rollings, R., Livingstone, V., & Murray, D. (2016). Touch-screen technology usage in toddlers. *Archives of Disease in Childhood*, 101(2), 181-183. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2015-309278>
- Archer, K., Savage, R., Sanghera-Sidhu, S., Wood, E., Gottardo, A., & Chen, V. (2014). Examining the effectiveness of technology use in classrooms: A tertiary meta-analysis. *Computers & Education*, 78, 140-149. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.06.001>
- Chera, P., & Wood, C. (2003). Animated multimedia "talking books" can promote phonological awareness in children beginning to read. *Learning and Instruction*, 13, 33-52. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00035-4)
- Cristia, A., Seidl, A. (2015). Parental Reports on Touch Screen Use in Early Childhood. *PLoS ONE*, 10(6): e0128338. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128338>
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... & Sexton, H. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental psychology*, 43(6), 1428-1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Ebner, M., Kolbitsch, J. & Stickel, C. (2010). iPhone/iPad human interface design. In G. Leitner, M. Hitz & A. Holzinger (Eds), *Human-Computer Interaction in work & learning, life & leisure* (pp. 489-492). Berlin: Springer.
- Gibson, E. J., & Pick, A. D. (2000). *An ecological approach to perceptual learning and development*. New York: Oxford University Press.
- Giles, D. (2002). Parasocial interaction: A review of the literature and a model for future research. *Media Psychology*, 4, 279-305. https://doi.org/10.1207/s1532785xmep0403_04
- Gray, J. H., Reardon, E. & Kotler, J. A. (2017). Designing for parasocial relationships and learning: linear video, interactive media, and artificial intelligence. In: *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*. ACM, 227-237. <https://doi.org/10.1145/3078072.3079736>
- Griffith, S. F., Hagan, M. B., Heymann, P., Heflin, B. H. & Bagner, D. M. (2020). Apps as learning tools: a systematic review. *Pediatrics*, 145(1), e20191579. <https://doi.org/10.1542/peds.2019-1579>

- Hiniker, A., Sobel, K., Hong, S.R., Suh, H., Irish, I., Kim, D., Kientz, J.A. (2015). Touchscreen prompts for preschoolers: designing developmentally appropriate techniques for teaching young children to perform gestures. In: *IDC 2015*. Medford, MA, USA.
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J., Golinkoff, R., Gray, J., Robb, M., & Kaufman, J. (2015). Putting Education in “Educational” Apps: Lessons from the Science of Learning. *Psychological Science in the Public Interest*, *16*(1), 3-34. <https://doi.org/10.1177/1529100615569721>
- Official Gazette n°0236 of October 11, 2015. Consultable at: <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2015/10/6/PRMI1518337A/jo>
- Kucirkova, N. (2016). iRPD - A framework for guiding design-based research for iPad apps. *British Journal of Educational Technology*, *48*(2), 598-610. <https://doi.org/10.1111/bjet.12389>
- Lewis, M. L. & Weber, R. (2009). Character attachment in games as moderator for learning. In: R. E. Ferdig (dir.), *Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education* (vol. II, pp. 593-605). USA: IGI Global.
- Lonigan, C. J., & Shanahan, T. (2008). Executive summary developing early literacy: report of the National Early Literacy Panel a scientific synthesis of early literacy development and implications for intervention (pp. v-xii). In *Developing Early Literacy: Report of the National Early Literacy Panel* (pp. 55-106). Washington, DC: National Institute for Literacy.
- Martin, J. (1992) Rapid Application Development. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Ministère de l'Éducation nationale (2015). Programme d'enseignement de l'école maternelle. Official Gazette special issue n°2 of March 26, 2015. https://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_2/84/6/2015_BO_SPE_2_404846.pdf
- National Early Literacy Panel. (2008). *Developing early literacy: report of the National Early Literacy Panel*. Washington, DC: National Institute for Literacy.
- National Mathematics Advisory Panel. (2008). Foundations for success: the final report of the National Mathematics Advisory Panel. Washington, DC: US Department of Education.
- Neumann, M.M. (2018). Using tablets and apps to enhance emergent literacy skills in young children. *Early Childhood Research Quarterly*, *42*, 239-246. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2017.10.006>
- Outhwaite, L. A., Gulliford, A., Pitchford, N. J. (2017). Closing the gap: Efficacy of a tablet intervention to support the development of early mathematical skills in UK primary school children. *Computers & Education*, *108*, 43-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.011>
- Purpura, D. J., Baroody, A. J., & Lonigan, C. J. (2013). The transition from informal to formal mathematical knowledge: Mediation by numeral knowledge. *Journal of Educational Psychology*, *105*, 453-464. <https://doi.org/10.1037/a0031753>
- Pitchford, N. J. (2015). Development of early mathematical skills with a tablet intervention: a randomized control trial in Malawi. *Frontiers in Psychology*, *6*:485. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00485>
- Read, J.C. & Bekker, M. (2011). The nature of child-computer interaction. In: *BCS-HCI '11 Proceedings of the 25th BCS Conference on Human-Computer Interaction* (p. 163–170). Newcastle, United Kingdom.
- Schacter, J., & Jo, B. (2016). Improving low-income preschoolers mathematics achievement with Math Shelf, a preschool tablet computer curriculum. *Comput Human Behav.* *55*, 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.09.013>
- Shoukry, L., Sturm, C., & Galal-Edeen, G. H. (2012). Pre-MEGa: a proposed framework for the design and evaluation of preschoolers' mobile educational games. In *Proceedings*

- of the International Conference on Engineering Education. Instructional Technology, Assessment, and E-learning (EIAE 12)*. Bridgeport, USA: Springer.
- Singhal, A., Rogers, E. M. (2002). A theoretical agenda for Entertainment-Education. *Communication Theory*, 12(2), 117-135. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2002.tb00262.x>
- Whitehurst, G. J., & Lonigan, C. J. (1998). Child development and emergent literacy. *Child Development*, 69(3), 848-872. <https://doi.org/10.2307/1132208>
- Wood, C., Pillinger, C., & Jackson, E. (2010). Understanding the impact of young readers' literacy interactions with talking books and during adult reading support. *Computers and Education*, 54(1), 190-198. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.08.003>
- Xie, H., Peng, J., Qin, M., Huang, X., Tian, F. & Zhou, Z. (2018). Can touchscreen devices be used to facilitate young children's learning? A meta-analysis of touchscreen learning effect. *Frontiers in Psychology*, 9, Article 2580. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02580>
- Yelland, N. J. (2018). A pedagogy of multiliteracies: Young children and multimodal learning with tablets. *British Journal of Educational Technology*, 49(5), 847-858. <https://doi.org/10.1111/bjet.12635>

Chapitre 3 Evaluation de l'acceptance de l'application AppLinou

3.1 Présentation du projet LINUMEN

3.1.1 Les objectifs du projet

Le projet LINUMEN (Littératie et NUMératie Emergentes par le Numérique) a pour objectif premier de construire et de tester une application sur tablette tactile destinée à soutenir les pratiques des enseignants de maternelle dans le développement des compétences des élèves en littératie et en numératie émergentes. Ce projet se décompose en deux phases principales : une première de co-conception (mars 2017- octobre 2018) et une seconde d'expérimentation en classe (octobre 2018 – juin 2020).

L'application AppLINOU (Apprendre avec LINOU en maternelle) est la résultante d'un travail de co-conception entre différents acteurs du projet, selon une approche itérative qui a permis de modifier et d'améliorer l'outil régulièrement.

3.1.2 La phase de co-conception

Lors de la co-conception de l'application éducative AppLINOU, l'équipe s'est appuyée sur le modèle théorique iRPD de Kucirkova (2017) explicité précédemment dans le chapitre 2. En prenant appui sur ce cadre théorique, les différents membres du groupe de co-conception ont tous examiné des applications éducatives à destination d'enfants d'âge préscolaire. Cette première étape a ainsi permis d'identifier les éléments clefs de la conception d'une application éducative. En se basant sur les applications répertoriées, le groupe de co-conception a constaté les nombreux inconvénients et avantages des applications disponibles sur les stores. Les défauts majeurs des applications observées résidaient principalement dans le manque d'explicitation de la consigne ou des actions à réaliser par l'enfant, dans le manque de progressivité pour les apprentissages ou encore dans la présence importante d'éléments distrayeurs pour l'enfant.

À la suite de ce travail d'exploration des applications éducatives préexistantes, cinq qualités ont été identifiées pour le développement de l'application AppLINOU :

1. L'adéquation aux programmes de l'école maternelle (Ministère de l'Éducation nationale, 2015)
2. La progressivité sur cinq périodes de début de la moyenne section à la fin de la grande section
3. Une ergonomie adaptée aux enfants et favorisant l'autonomie
4. Les qualités pédagogiques telles que l'annonce de l'objectif, les feedbacks ou encore les étayages
5. Aspect ludique et la présence d'une mascotte.

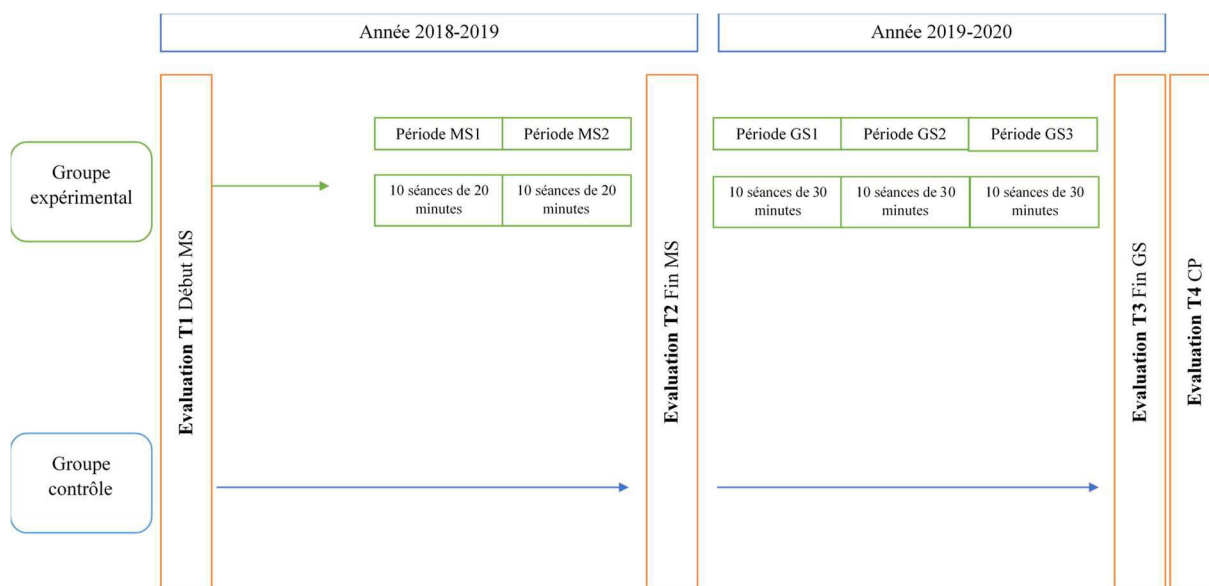
3.1.3 La phase expérimentale

Le projet LINUMEN repose à la fois sur une méthodologie quasi-expérimentale et sur une méthodologie longitudinale. Plusieurs critères ont guidé la sélection des écoles comme l'appartenance ou non à un Réseau d'Éducation Prioritaire (REP) ou la localisation géographique de l'école (urbaine ou rurale) afin de représenter le plus fidèlement possible la diversité des écoles présentes sur le territoire français.

La méthodologie quasi-expérimentale du projet LINUMEN repose sur la comparaison d'un groupe expérimental, dans lequel une intervention spécifique a été mise en place, à un groupe contrôle, dans lequel aucune activité supplémentaire n'est proposée aux élèves et aux enseignants.

* Les écoles du groupe expérimental (GE) ont été recrutées sur la base du volontariat. Pour chaque école, les enseignants de moyenne section et de grande section devaient s'engager simultanément dans le projet afin de pérenniser la continuité du projet. Les élèves du groupe expérimental ont été évalués en début et en fin de moyenne section et devaient être également évalués en fin de grande section. Dans le groupe expérimental, l'application AppLINOU était utilisée en classe en suivant un protocole précis. En moyenne section, deux périodes ont été programmées durant lesquelles les élèves du GE utilisaient AppLINOU de façon régulière en suivant une séquence prédéfinie. En grande section, les élèves du GE ont à nouveau suivi trois périodes de stimulation programmées du mois de septembre 2019 au mois d'avril 2020 (cf. Figure 2).

Figure 2. Protocole expérimental du projet LINUMEN.



* Les écoles du groupe contrôle (GC) ont été sélectionnées sur la base des caractéristiques des écoles du groupe expérimental. Les élèves du groupe contrôle ont été évalués en début et en fin de moyenne section et devaient être également évalués en fin de grande section. Dans le groupe contrôle, les élèves n'utilisaient pas l'application AppLINOU et aucune autre activité ne leur était proposée en remplacement.

Avant d'entamer la phase d'expérimentation, des accords de consentement ont été distribués afin d'obtenir l'autorisation parentale des élèves concernés par l'expérimentation. Ces accords de consentement visent à expliquer aux parents l'évaluation des élèves et le stockage de leurs résultats. Ils ont été élaborés et validés par l'équipe de recherche conjointement avec les services juridiques de l'Université de Lorraine et du Rectorat. Deux versions distinctes ont été créées : une pour les élèves concernés par les phases de tests et de stimulations (groupe expérimental), et une autre pour les élèves uniquement concernés par la phase de tests (groupe contrôle).

3.1.4 Les mesures réalisées

Dans le cadre du projet LINUMEN, plusieurs mesures ont été réalisées. Cependant, dans le cadre de cette thèse, seules les évaluations de littératie et de numératie émergentes, les

mesures du fonctionnement cognitif et les questionnaires socio-économiques des familles ont été utilisés.

3.1.4.1 Evaluation des compétences en littératie et en numératie émergentes des élèves

Tous les élèves, quel que soit leur groupe, ont été testés au début et à la fin de la moyenne section. L'application LINUMEN Evaluation a été utilisée pour évaluer les compétences en littératie et en numératie émergentes chez tous les élèves.

Pour les élèves du groupe expérimental, des traces ont également été recueillies concernant leur utilisation de l'application AppLINO. Ces données livrent, pour chaque élève, des informations relatives au nombre d'essais et erreurs, au temps passé sur chaque activité ainsi qu'à la réponse choisie. Dans le cadre de cette thèse, les traces ne seront pas analysées.

3.1.4.2 Evaluation du fonctionnement cognitif des élèves

Au début de la moyenne section, un test du fonctionnement cognitif a été réalisé par l'intermédiaire des Matrices de Raven (Raven et al., 1995). En effet, ce test est couramment utilisé comme variable contrôle afin d'avoir une mesure de l'intelligence non-verbale de l'enfant. De plus, les fonctions exécutives d'une partie de l'échantillon ont été testées lors des deux temps d'évaluation en moyenne section. Pour cela, nous avons utilisé l'outil HTKS (Head-Toes-Knees-Shoulders ; Ponitz et al., 2009) qui mesure les compétences d'inhibition des enfants d'âge préscolaire.

3.1.4.3 Questionnaires à destination des enseignants

En parallèle, des questionnaires ont été transmis aux enseignants impliqués dans le projet. Ces questionnaires portaient principalement sur les pratiques et croyances enseignantes vis-à-vis du numérique. Pour les enseignants du groupe expérimental, un questionnaire a été élaboré concernant l'acceptance de l'application numérique mise en place dans les classes (cf. article 2). Ce questionnaire avait pour vocation d'évaluer l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité de l'application AppLINO dans les classes. Enfin, un cahier de suivi a été

distribué à chaque enseignant du groupe expérimental afin de suivre l'utilisation et les difficultés rencontrées avec l'application.

3.1.5 L'utilisation de l'application AppLINOu dans les classes

Dans le protocole, l'année de moyenne section a été divisée en deux périodes de cinq semaines chacune. Durant ces cinq semaines, tous les élèves ont bénéficié de deux séances par semaine dont une avec des activités de littératie et l'autre avec des activités de numératie. Toutes les séances suivaient un ordre prédéfini permettant ainsi aux élèves de développer des compétences de plus en plus complexes. La durée de toutes les séances était la même : une séance de moyenne section durait en moyenne 20 minutes. Lors d'une séance, l'élève réalisait deux activités différentes, soit de littératie, soit de numératie. L'enseignant était alors garant du temps : l'objectif des activités n'étant pas que l'enfant termine tous les items, mais qu'il puisse expérimenter chaque activité durant 10 minutes. Durant les deux périodes de moyenne section, les élèves du groupe expérimental ont donc réalisé 10 activités de littératie et 10 activités de numératie réparties en 10 séances de 20 minutes. Les mêmes activités sont réalisées par les élèves lors de la première et de la seconde période de moyenne section : seuls les items changent et la difficulté augmente au fur et à mesure des périodes.

En grande section, le protocole a été reconduit avec quelques modifications. Ainsi, l'année de grande section a été divisée en trois périodes de six à sept semaines chacune. Ces périodes réparties plus équitablement sur l'année ont permis aux enseignants d'avoir plus de latitude concernant la planification des séances, en particulier pour les classes composées uniquement de grande section. Cependant, le nombre de séances de stimulation reste inchangé : pour chaque période tous les élèves ont réalisé au moins 10 séances avec l'application AppLINOu.

Dans le cadre du projet LINUMEN, les enseignants du groupe expérimental étaient tenus de suivre un protocole spécifique. L'ensemble des enseignants du groupe expérimental a suivi une formation d'une durée de 18 heures. Cette formation apportait des notions théoriques concernant la littératie et la numératie émergentes ainsi que l'utilisation des outils numériques en classe. D'autre part, cette formation a également permis d'aborder des notions techniques

concernant le protocole expérimental et l'utilisation de l'application AppLINOU. Avant le début de l'expérimentation, l'équipe LINUMEN a fourni aux enseignants un livret résumant toute les notions et les spécificités de l'application éducative AppLINOU. Concernant l'organisation des séances en classe, les choix pédagogiques ont été laissés libres à l'enseignant. Durant les cinq périodes prédéfinies, les enseignants organisaient physiquement et temporellement les séances comme ils le souhaitaient. Cependant, il était conseillé de faire des séances avec des groupes de quatre à six élèves. Bien qu'il ait été recommandé que l'élève soit autonome lors des séances, un adulte devait être à disposition des élèves afin de réagir rapidement aux possibles bugs de l'application.

3.1.6 Résultats de l'expérimentation

Les premiers résultats de la phase expérimentale du projet LINUMEN ont donné lieu à la rédaction d'un article qui a été soumis à une revue internationale. La version française de ce manuscrit est disponible en Annexe 2.

3.2 Acceptance des nouvelles technologies

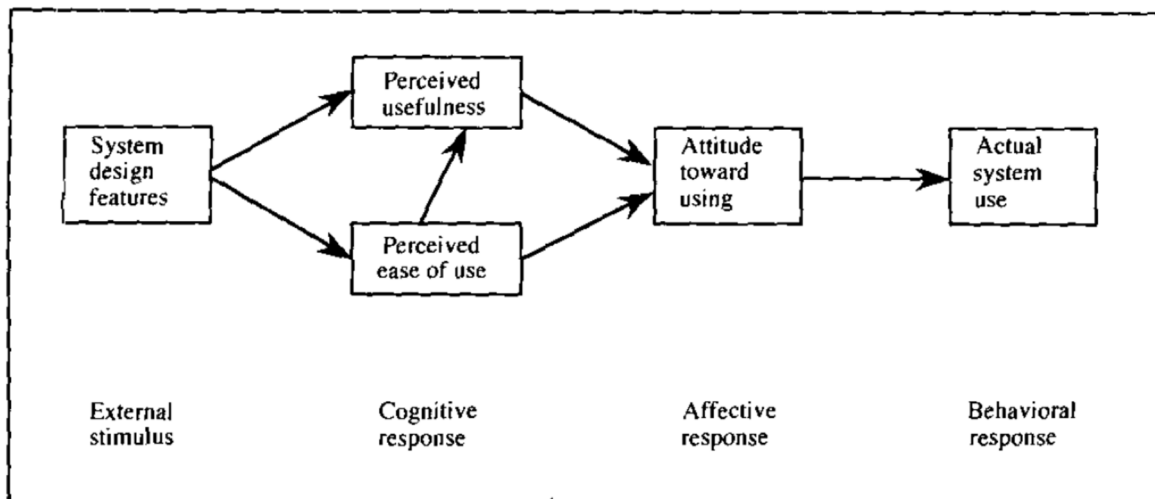
Le concept d'acceptabilité se réfère aux facteurs en jeu lors du choix d'adopter ou non un outil ou un système dans un environnement donné. Dans le cas où l'outil se trouve déjà dans l'environnement, les chercheurs parlent d'acceptance. Le rapport entre un individu et un outil est multidimensionnel. Au départ, l'acceptabilité et l'acceptance étaient appréhendés en psycho-ergonomie selon une approche centrée sur l'outil. D'après cette approche, l'importance quant à l'adoption d'un outil résiderait dans son utilisabilité et son accessibilité. L'approche devient centrée sur l'utilisateur avec les travaux de Ajzen et Fishbein (1975) dans le champ de la psychologie sociale sur les théories de l'action raisonnée (*Theory of reasoned action* ou TRA) et les théories du comportement planifié (*Theory of planned behaviour* ou TPB). L'intention comportementale prédirait l'intention d'utilisation et l'acceptabilité. Ces intentions sont elles-mêmes déterminées par la représentation de l'objet par l'utilisateur. Ces théories sont celles sur lesquelles se base le modèle d'acceptation des technologies (*the technology acceptance model* ou TAM) de Davis (1993) qui est un modèle de référence dans le domaine.

3.2.1 Des modèles de l'acceptabilité et de l'acceptance

3.2.1.1 *The Technology Acceptance Model (TAM)*

L'utilisation du TAM est très répandue et s'inspire de l'approche ergonomique et sociale pour créer une approche centrée sur l'utilisation et orientée sur la productivité. Face à un outil, l'utilisateur juge de façon active son utilité perçue et sa facilité d'utilisation perçue. L'utilité perçue fait référence aux conséquences probables de l'utilisation de l'outil. L'utilisateur envisage à quel point l'outil va améliorer sa productivité dans un milieu donné. La facilité d'utilisation perçue, quant à elle, fait référence aux efforts probables à mobiliser pour utiliser l'outil. En d'autres termes, l'utilisateur envisage la difficulté de prise en main de l'outil. L'analyse de ces deux facteurs permet de répondre à la question de savoir si l'utilisation de cet outil « en vaut vraiment la peine ? ». Cette analyse engendrera ensuite une réponse affective, soit l'attitude vis-à-vis de l'utilisation (ou acceptabilité). De cette attitude dépendra ensuite la réponse comportementale ou l'utilisation de l'outil en elle-même (voir Figure 3 pour plus de détails).

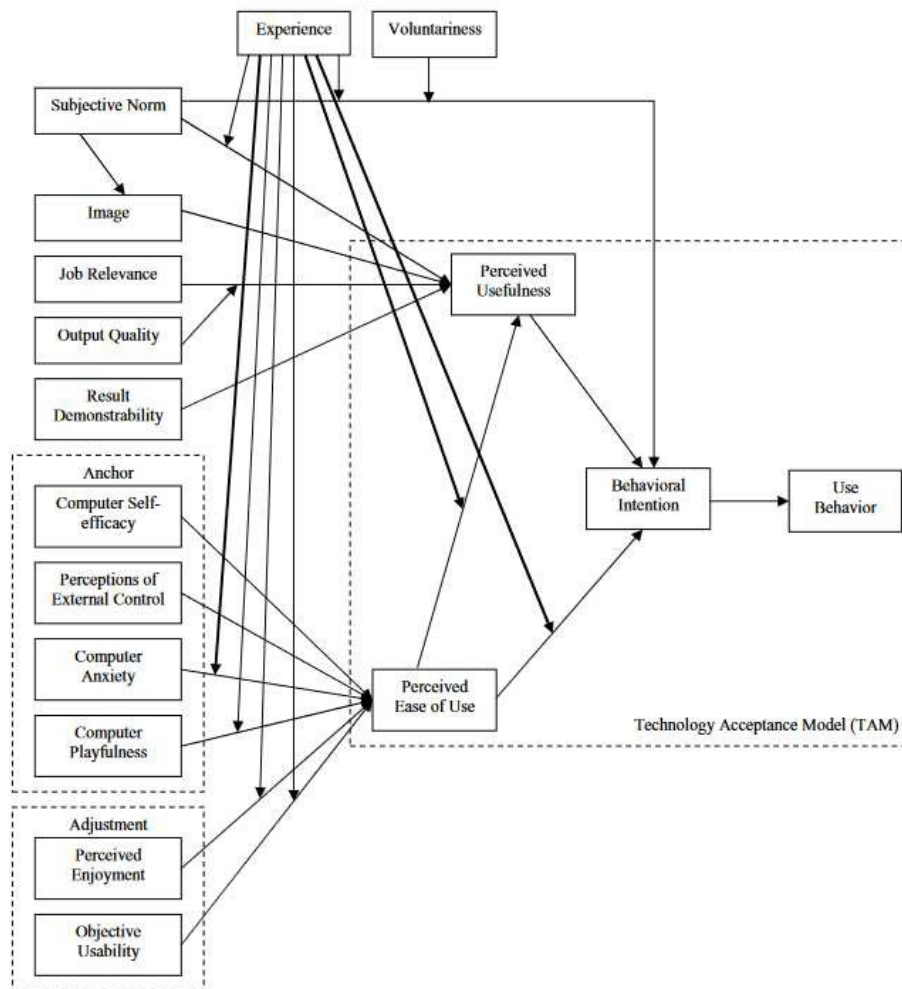
Figure 3. Première version du TAM. Tiré de « User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts », par F. D. Davis, 1993, *International Journal of Man-Machine Studies*, 38, p.476.



Le TAM est robuste et applicable avec un large panel d'outils technologiques et des utilisateurs variés. Cela fait de lui un modèle largement utilisé dans le domaine de la recherche

sur les nouvelles technologies (Alomary & Woollard, 2015). Il est aussi considéré comme le noyau commun à tous les modèles d'acceptance des technologies (Venkatesh et al., 2016). Il a connu de nombreuses améliorations avec le TAM-2 (Venkatesh & Davis, 2000) où le focus est mis sur l'intention de comportement. L'acceptabilité se forme lorsqu'elle doit mener à une intention de comportement. En d'autres termes, l'intention déclenche le comportement engageant l'utilisation réelle. Lors de l'établissement du TAM-2, des variables modératrices de l'utilité perçue et de la facilité d'utilisation perçue ont été testées et incluses dans le modèle. Le modèle s'est ainsi vu complexifié avec la Théorie Unifiée de l'Acceptation et de l'Utilisation de la Technologie (*Unified theory of acceptance and use of technology* ou UTAUT) par Venkatesh et al. (2007), puis avec le TAM-3 (Venkatesh & Bala, 2008) qui offre une synthèse des précédents modèles expliquant l'intention d'utilisation d'une nouvelle technologie. Ils regroupent par ailleurs l'influence des variables modératrices en deux facteurs : l'expérience et le volontarisme. L'illustration de cette nouvelle modélisation est proposée dans la figure 4.

Figure 4. Schéma du TAM-3. Tiré de « Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions », par V. Venkatesh & H. Bala, 2008, *Decision Sciences*, 39(2), p.280.



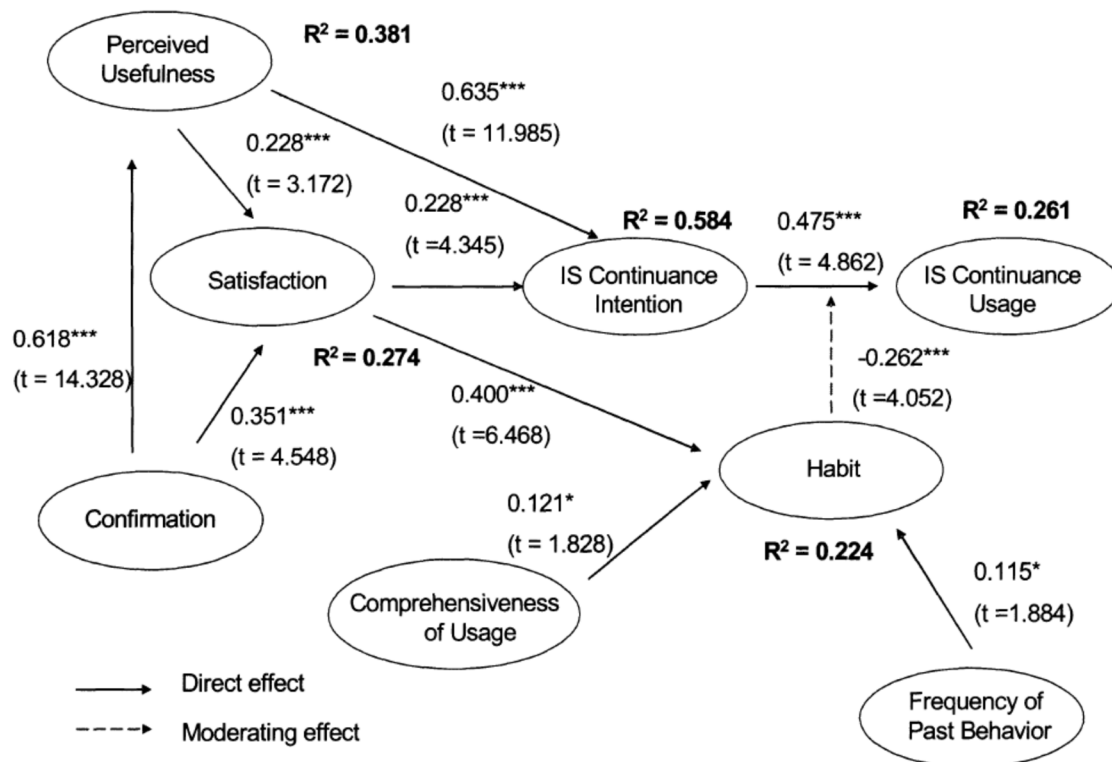
Toutefois, ces théories de modèles d'acceptation ne sont pas exemptes de limites. Entre autres, elles ne se basent que sur l'intention d'utilisation et accordent peu de place à l'utilisation effective. Or, le lien de causalité entre l'intention d'utilisation et l'utilisation effective n'est pas toujours confirmé dans les études (Webb & Sheeran, 2006). Seul un comportement binaire est accepté dans cette situation : le rejet initial ou l'acceptation initiale. Sonia et Brangier (2013) soulignent que la relation entre un être humain et un outil technologique va au-delà de cette conception. Pour eux, ce serait plutôt une relation de vivre avec, être transformé par, être dépendant de et être amélioré par l'outil technologique. C'est l'idée de la symbiose homme-machine. Le travail d'un ergonomiste est alors de réduire la distance homme-machine afin d'augmenter l'acceptabilité et l'acceptance. De la même façon que dans une relation, celle-ci

évolue avec le temps et à force de rétroactions. Les modèles prenant en compte cette spécificité sont ceux de post-adoption d'une technologie (*Post Acceptance Model* ou PAM).

3.2.1.2 *Post Acceptance Model (PAM)*

Les liens entre l'utilisation et l'intention d'utilisation peuvent être appréhendés dans le PAM. Ces modèles sont intégrateurs, car prenant en compte les théories des attentes (Oliver, 1980), les théories de la satisfaction (DeLone & McLean, 2003) et les théories du comportement intentionnel (Venkatesh, 2007). Limayem et al. (2007) développent plus particulièrement leur modèle sur les effets de l'habitude sur l'usage des technologies. L'habitude se réfère à une action qui a été apprise avec le temps et devient automatique. Cela se traduit par une augmentation de la fréquence et de la durée d'utilisation d'un outil lorsque l'utilisateur devient familier avec lui. L'habitude et la familiarité sont donc des variables modératrices entre les intentions initiales d'utilisation et l'utilisation effective. La figure 5 ci-dessous illustre l'effet modérateur de l'habitude sur les facteurs menant à l'intention de continuer à utiliser.

Figure 5. L'habitude comme modérateur : modèle théorique. Tiré de « How habit limits the predictive power of intention: the case of information systems continuance », par M. Limayem, S. G. Hirt & C. M. K. Cheung, 2007, *MIS Quarterly*, 31(4), p.728.



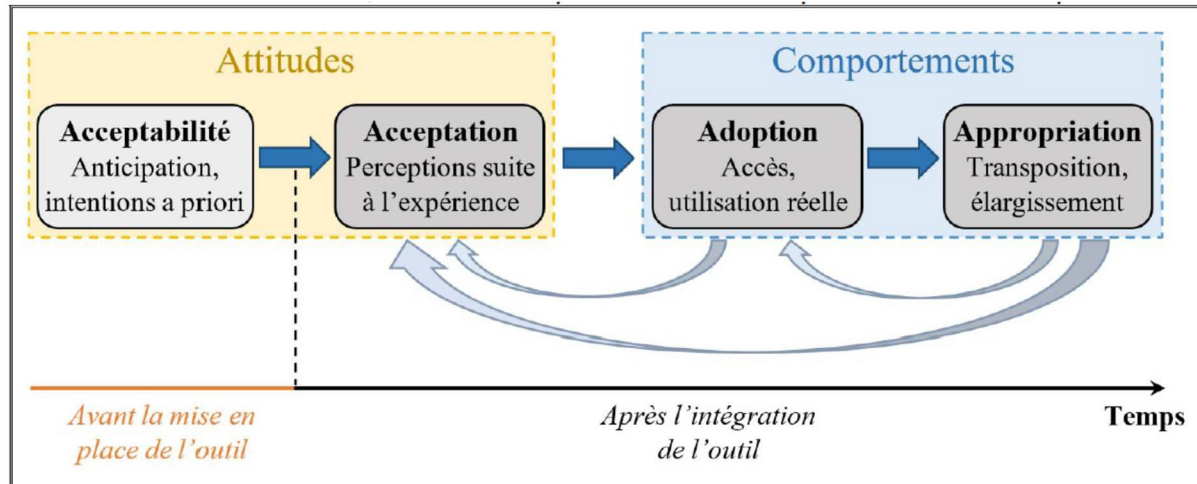
Ce modèle de Limayem et al. (2007) met en valeur la complexité de la relation entre l'utilisateur et l'outil. L'intention d'utilisation n'est pas toujours synonyme d'utilisation effective et le phénomène d'habitude permet d'apporter une réponse à ce résultat. Un comportement peut être engagé sans intention au préalable, car l'individu est habitué à le faire. Cependant, ce résultat mène à une nouvelle façon d'envisager la formation aux outils technologiques. Par exemple, en évaluant la familiarité préalable des individus à un outil afin d'ajuster la formation en conséquence, en favorisant la construction de nouvelles habitudes avec le nouvel outil et en proposant plus de situations d'utilisation. Cette manière d'envisager l'acceptance prend ainsi en compte l'expérience utilisateur qui, comme dans le modèle de Thüring & Mahlke (2007), s'intéresse à l'expérience réelle de l'utilisateur avec l'outil en associant leurs perceptions des qualités instrumentales, leurs perceptions des qualités non-instrumentales, mais aussi leurs émotions. Un autre modèle intégrant ce principe est le modèle des 4A de Bauchet et al. (2020).

3.2.1.3 Le modèle des 4A

Bauchet et al. (2020) proposent un modèle combinant les attitudes et les comportements dans le but de détailler un processus général incluant l'acceptance et l'intégration de l'outil dans le milieu personnel et/ou professionnel. La figure 7 illustre ce modèle s'apparentant à un continuum entre les perceptions et l'usage réel menant au processus d'acceptance. Ce processus serait composé de 4 étapes consécutives :

- L'acceptabilité, soit les attitudes préalables à l'utilisation du dispositif. Il s'agit alors des intentions a priori et des croyances que les futurs usagers se forment par anticipation (Schade & Schlag, 2003).
- L'acceptation, soit les perceptions et les attitudes que les utilisateurs peuvent avoir suite à l'expérience d'usage et d'interaction avec l'outil (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009).
- L'adoption du dispositif, soit l'inscription de l'outil dans les activités des individus (Barcenilla & Bastien, 2009).
- L'appropriation, soit l'élargissement des usages ainsi que leur transposition dans d'autres milieux (Plantard, 2016 ; Rabardel, 1995).

Figure 7. Modèle des 4A. Tiré de « Entre acceptabilité et appropriation des outils numériques intégrés dans le système éducatif : Le modèle des 4A. » [communication], par C. Bauchet, B. Hubert & J. Dinet, 2020, 13e Colloque International du Réseau Interuniversitaire de PSYchologie du DEVEloppement et de l'Education (RIPSYDEVE), Nancy, France.

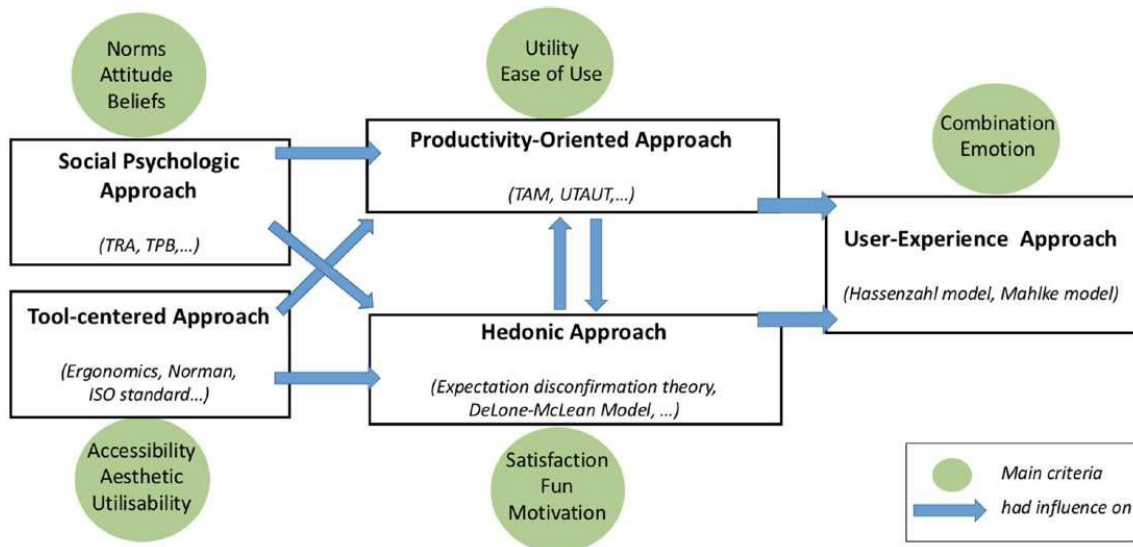


La question de la compréhension des mécanismes psychologiques sous-jacents à l'adoption d'une nouvelle technologie a ainsi inspiré de nombreux chercheurs qui proposent autant de modèles que de nouvelles technologies et milieux dans lesquels ceux-ci sont introduits. Il n'existe aucun modèle universel à ce jour. Cependant, Alexandre et al. (2018) ont essayé de définir l'acceptabilité et l'acceptance à travers cinq meta-critères en se référant à la littérature scientifique.

3.2.1.4 Cinq meta-critères de l'acceptabilité

Selon Alexander et al. (2018), il est difficile de représenter l'acceptabilité sur la base d'un seul critère explicatif. Si avec le TAM et le PAM nous nous focalisons sur une approche orientée sur la productivité, il existe des courants qui se focalisent sur d'autres aspects comme l'approche centrée sur l'outil (dont les critères principaux sont l'utilité et la facilité d'utilisation), l'approche centrée sur l'utilisateur (dont les critères principaux sont les émotions), l'approche socio-psychologique (dont les critères principaux sont les attitudes et croyances) ou l'approche hédoniste (dont les critères principaux sont la satisfaction et la motivation). Les auteurs proposent un schéma récapitulatif illustrant les liens que possèdent ces différentes approches entre elles ainsi que leurs critères principaux dans la figure 8 ci-dessous.

Figure 8. Schéma des différentes approches de l'acceptabilité et l'acceptance. Tiré de « Acceptance and acceptability criteria: a literature review », par B. Alexandre, E. Reynaud, F. Osiurak & J. Navarro, 2018, *Cognition, Technology & Work*, 20, p.171.



Après l'étude des différents modèles existants, Alexandre et ses collaborateurs (2018) proposent une classification en cinq meta-critères qui sont : l'utilité de l'outil, la facilité d'utilisation de l'outil, l'esthétique de l'outil, le contexte d'utilisation de l'outil et le jugement général.

- **L'utilité de l'outil** fait référence à tout ce qui se rapporte aux gains que peut apporter l'outil. Ce sont l'utilité perçue ou effective, à quel point l'utilisation de l'outil va permettre d'améliorer le travail de l'individu, etc.
- **La facilité d'utilisation** de l'outil fait référence aux efforts nécessaires pour utiliser l'outil. Ce sont la facilité perçue ou effective, l'accessibilité, la complexité, la charge mentale demandée, est-ce que cela nécessite beaucoup de temps pour maîtriser l'outil, etc.
- **L'esthétique** de l'outil fait référence à son image esthétique, sa visibilité et sa place dans l'environnement de travail.
- **Le contexte de l'utilisation** de l'outil fait référence à la manière dont les différences que le contexte personnel et social peut modifier l'expérience des individus

avec l'outil. Ce sont les caractéristiques personnelles, la motivation, l'influence sociale, les valeurs personnelles, le volontarisme, l'habitude, etc.

- **Le jugement général** fait référence aux réponses affectives vis-à-vis de l'outil. Ce sont les croyances, les réactions émotionnelles, la satisfaction en utilisant l'outil, la symbiose, etc.

Nous revenons à l'idée que la relation entre l'individu et l'outil est multi-dimensionnelle et, de ce fait, il est compliqué de proposer un modèle explicatif universel. Des études longitudinales sont alors à favoriser lorsque l'on veut étudier l'acceptabilité et l'acceptance. Ces meta-critères permettent néanmoins d'avoir une vision globale de ces concepts.

Parmi les meta-critères, les trois premiers se focalisent sur l'outil en lui-même et peuvent expliquer en grande partie les phénomènes d'acceptabilité et d'acceptance. Cependant, il est important de ne pas négliger les facteurs contextuels et individuels qui expliquent la variabilité dans l'adoption des nouvelles technologies par les individus. Le domaine de l'éducation est sujet à des textes officiels qui demandent aux enseignants d'implémenter les TICE dans les classes, mais ces mêmes enseignants et leurs élèves sont sujets à des spécificités contextuelles et sociales. L'étude de l'acceptance dans le domaine de l'éducation est ainsi un sujet complexe à part entière.

3.2.2 L'acceptance dans le domaine de l'éducation

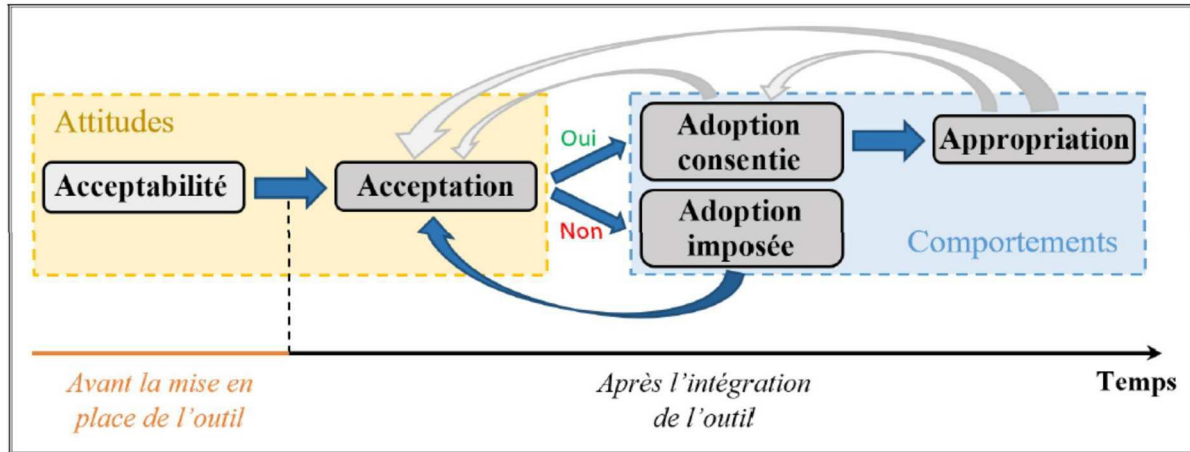
3.2.2.1 *Prendre en compte les spécificités du domaine de l'éducation*

Etudier l'acceptance des nouvelles technologies auprès des enseignants et des étudiants permet d'en apprendre plus sur les mécanismes favorisant ou non leur implémentation dans les classes. En effet, si un outil n'est pas accepté par ses utilisateurs, il ne sera pas utilisé et ces derniers ne pourront pas bénéficier de ses potentiels avantages. D'un point de vue économique, équiper les écoles porte un coût et demande du temps et des efforts non négligeables (Birch & Burnett, 2009). Si l'implémentation de TICE ne réussit pas, cela s'avèrera un coût plus qu'un bénéfice pour tous les acteurs impliqués (Birch & Burnett, 2009 ; Davis & Venkatesh, 1996 ; Davis, 1989).

Etant un modèle adaptable et simple d'utilisation, le TAM est l'un des modèles de l'acceptance le plus utilisé de nos jours (Mortensen & Vidgen, 2016 ; King & He, 2006). Les facteurs de facilité d'utilisation perçue et d'utilité perçue sont ainsi des prédicteurs de l'acceptabilité des nouvelles technologies dans les études portant sur le domaine de l'éducation aussi (Granić et Marangunić, 2019). Cependant, malgré l'expansion des études à ce sujet, la compréhension de l'acceptance n'est toujours pas suffisamment claire et demande des recherches plus approfondies (Almaiah et al., 2016).

Afin de mesurer l'acceptance, la méthode de recueil de données par questionnaire reste la plus commune. Dans le cas du domaine de l'éducation, les spécificités inhérentes à ce domaine (tels que le milieu, le type de public, les caractéristiques propres à la profession d'enseignant, etc.) nécessitent l'adaptation des outils existants. Par exemple, Bauchet et al. (2020) avancent que des nuances doivent être apportées lorsque le contexte d'intégration des outils numériques se trouve au sein d'une structure institutionnelle telle que l'École. En effet, l'intégration des outils numériques dans ce contexte est le plus souvent imposée par des instances supérieures, et ce fait impacterait les perceptions des utilisateurs. Ainsi, Bauchet et al. (2020) apportent cette nuance dans leur modèle des 4A en incorporant dans l'étape d'adoption les usages qui relèveraient d'une utilisation consentie et active, de ceux qui seraient imposés et subis. Cette idée implique qu'un outil peut être utilisé bien qu'il ne soit pas accepté. Ce modèle est illustré en Figure 9, cependant il reste nécessaire de le tester auprès du public visé.

Figure 9. Révision du modèle des 4A. Tiré de « Entre acceptabilité et appropriation des outils numériques intégrés dans le système éducatif : Le modèle des 4A. » [communication], par C. Bauchet, B. Hubert & J. Dinet, 2020, 13e Colloque International du Réseau Interuniversitaire de PSYchologie du DEVeloppement et de l'Education (RIPSYDEVE), Nancy, France.



L'étude de Persico et al. (2014) est un autre exemple du besoin d'adaptation des outils de mesure de l'acceptance pour le contexte scolaire. Ils ont trouvé nécessaire d'adapter le modèle TAM à leur outil de e-learning selon leur contexte spécifique de dynamique d'apprentissage d'étudiants d'une université italienne. Plus de la moitié des études répertoriées ont utilisé des variables supplémentaires ou modifiées par rapport au modèle de base TAM (voir Granić & Marangunić, 2019 pour une revue systématique). La plupart des études se focalisent sur le public étudiant et plus particulièrement dans le contexte des études supérieures (Al-Emran et al., 2018). Ainsi, l'acceptance des enseignants à l'égard du numérique dans le contexte éducatif semble être négligée par la recherche, et d'autant plus au niveau du primaire. Or, étudier l'acceptance des enseignants semble essentielle afin de mieux comprendre les mécanismes les amenant à adopter ou non les TICE dans leur pédagogie.

3.2.2.2 Acceptance des technologies par les enseignants

Les études utilisant le TAM pour évaluer l'acceptance des TICE par les enseignants montrent que ce modèle reste puissant et un bon prédicteur de l'usage des TICE par les enseignants (Scherer & Teo, 2019). Cependant l'importance des variables prédictives peut varier selon les études d'où la nécessité d'explorer plus en détails l'importance de ces variables.

Foon Hew et Brush (2007) identifient des barrières potentielles freinant l'usage des nouvelles technologies par les enseignants : les ressources, l'institution, l'environnement culturel, les attitudes et croyances, les savoirs et compétences, et enfin les modalités d'évaluation. Ces barrières peuvent être divisées en barrières de premier ordre et en barrières de second ordre. Les barrières de premier ordre font référence aux variables extrinsèques : l'équipement en lui-même, les moyens donnés par l'établissement, l'accès à l'outil, etc. Alors que les barrières de second ordre se réfèrent à des variables intrinsèques : les caractéristiques, les connaissances, les croyances et les comportements des enseignants, etc. Ces barrières de second ordre sont celles qui nous intéressent plus particulièrement, car elles jouent un rôle plus important sur l'utilisation ou non des TICE en classe (e.g., Ertmer et al., 2012 ; Zhao et al., 2002). Dans le milieu de l'enseignement, les barrières de premier ordre et de second ordre peuvent aussi s'influencer (Ifenthaler & Schweinbenz, 2013 ; Inan & Lowther, 2010). C'est pour cela que la formation des enseignants est une étape importante pour favoriser l'implémentation des TICE en classe (Peraya, 2002). En effet, la maîtrise d'un outil numérique par les enseignants impacte son implémentation et son utilisation pédagogique (Stockless et al., 2018), mais cette maîtrise peut aussi faire évoluer leurs propres croyances sur l'outil numérique.

Blackwell et al. (2013) remarquent que les études sur l'acceptance des TICE ont majoritairement été effectuées au niveau du primaire et proposent de se focaliser sur les barrières des enseignants dans le préscolaire. Leur étude permet de montrer que les barrières extrinsèques n'ont d'impact que sur l'étendue des TICE utilisées. Alors que les barrières intrinsèques et plus spécifiquement les croyances positives sur les effets des TICE sur les apprentissages des enfants prédisent l'usage effectif des TICE.

3.3 Article 2 : Beliefs about Digital Technologies and Teachers' Acceptance of an Educational App for Preschoolers

Résumé en français :

Les applications éducatives permettant de travailler les apprentissages premiers des enfants peuvent s'avérer être des outils intéressants et complémentaires à la pratique quotidienne des enseignants. Mieux comprendre l'attitude des enseignants vis-à-vis de celles-

ci permettrait de mettre en lumière les freins ou les facteurs favorables à leur implémentation dans les classes. En effet, les croyances envers le numérique font partie des variables susceptibles d'expliquer l'acceptabilité et l'acceptance de ces outils (e.g. Ertmer et al., 2012).

Cette étude se propose ainsi d'examiner les liens entre les croyances des enseignants concernant le numérique et l'acceptance de l'application AppLinou dans le contexte de la classe pour des enfants d'âge préscolaire. Pour cela, nous avons mis en place une étude en deux phases. Durant la première phase, 214 enseignants de maternelle de la région Lorraine ont répondu à un questionnaire récoltant des informations socioprofessionnelles les concernant ainsi que leurs croyances sur le numérique à l'école. Lors de la seconde phase, 62 enseignants parmi les 214 ont participé au projet LINUMEN (Littératie et Numératie Emergentes par le Numérique). Pour mesurer les croyances des enseignants, nous avons construit un questionnaire en nous basant sur des mesures existantes des attitudes des enseignants à l'égard des nouvelles technologies (e.g. Bebell & Kay, 2010 ; Cho & Littenberg-Tobias, 2016 ; Hardy, 2014). Ce questionnaire a été validé et permet de mesurer trois facteurs : les « croyances favorables aux apprentissages » (un score élevé indique que l'enseignant croit en l'apport favorable du numérique aux apprentissages de ses élèves), les « croyances favorables aux compétences transversales » (un score élevé montre que l'enseignant croit au fait que le numérique développe chez les élèves des compétences de créativité, de pensée critique, de connaissance de soi ainsi que des compétences sociales) et les « croyances défavorables au numérique » (un score élevé reflète des croyances défavorables au numérique concernant le développement et les apprentissages des élèves).

Afin d'évaluer l'acceptance des enseignants du groupe expérimental, nous avons créé un questionnaire en nous basant sur les travaux de Nielsen (1993) et en adaptant les questions au monde de l'enseignement. Ce questionnaire a été validé et permet de mesurer trois facteurs : l'« acceptabilité » (un score élevé indique que l'enseignant croit que l'application est conforme à ses valeurs et ses pratiques professionnelles), l'« utilité » (un score élevé montre que l'enseignant croit que l'application est utile pour les apprentissages des élèves) et l'« utilisabilité » (un score élevé reflète la facilité de la prise en main de l'application).

Cette étude a pu montrer d'une part que l'ancienneté des enseignants ainsi que les caractéristiques de leur lieu d'exercice sont des facteurs déterminants de leurs croyances concernant le numérique. Les enseignants avec le moins d'ancienneté professionnelle obtiennent des scores plus élevés à la dimension « croyances favorables aux compétences transversales » par rapport aux autres. D'autre part, les enseignants qui exercent dans des établissements avec des difficultés scolaires et sociales (écoles REP) croient moins aux effets bénéfiques du numérique pour les élèves.

Pour le questionnaire d'acceptance, les résultats montrent que les enseignants utilisant l'application AppLINOUE ont un score d'acceptance au-dessus de la moyenne, ce qui veut dire que l'application AppLINOUE est bien acceptée. D'autre part, les caractéristiques du lieu d'exercice se sont révélées ici aussi des facteurs déterminants. Ainsi, les enseignants qui exercent en REP ont des scores moins élevés aux dimensions d'acceptance que ceux qui exercent en dehors des REP. Les effets du lieu d'exercice semblent plus élevés pour ce qui est du facteur d'utilisabilité.

Hoareau, L., Thomas, A., Tazouti, Y., Dinet, J., Luxembourg, C., & Jarlégan, A. (soumis). Beliefs about Digital Technologies and Teachers' Acceptance of an Educational App for Preschoolers. *Computers & Education*.

Beliefs about Digital Technologies and Teachers' Acceptance of an educational App for Preschoolers

- * Lara HOAREAU, Université de Lorraine, France, lara.hoareau@univ-lorraine.fr
- * Aude THOMAS, Université de Lorraine, France, aude.thomas@univ-lorraine.fr
- * Youssef TAZOUTI, Université de Lorraine, France, youssef.tazouti@univ-lorraine.fr
- * Jérôme DINET, Université de Lorraine, France, Jerome.dinet@univ-lorraine.fr
- * Christophe LUXEMBOURGER, Université de Lorraine France, christophe.luxembourger@univ-lorraine.fr
- * Annette JARLÉGAN, Université de Lorraine, France, annette.jarlegan@univ-lorraine.fr

Acknowledgements: We would like to thank the Caisse des Dépôts, which funded this project via an e-FRAN (Espaces de formation, de recherche et d'animation numérique) call for projects within the PIA 2 (Programme d'Investissement d'Avenir 2) program. We would also like to thank the educational authorities in the Lorraine Region for supporting the project and the teachers who participated to our study.

Declarations of interest: none

Abstract: Preschool teachers' varying beliefs about the utility of digital technologies may affect their acceptance of educational tablet apps for classroom use. We tested this hypothesis via a two-stage study in which we first assessed 214 French *école maternelle* teachers' beliefs about digital technologies. Stage two of the study measured acceptance of an educational tablet app by a sub-sample of 62 teachers who had agreed to use the app in their classrooms. Teachers' beliefs about digital technologies were linked to teaching experience and type of school. Type of school was also an important factor in teachers' acceptance of the app.

Keywords: *acceptance, teachers' beliefs, education app, preschool*

1. Introduction

Classroom use of information and communication technologies (ICT) has expanded greatly since the turn of the century, a trend that has been encouraged by numerous reports, most notably from the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD, 2015). In France, the government has taken a number of measures to expand the use of ICTs in schools, including passing new legislation and implementing "education plans". For example, the Digital Education Plan launched in May 2015 was designed to reduce inequalities in access to digital technologies so all teachers and all students can benefit from the opportunities these technologies offer.

Researchers have responded to the ever-growing need to use digital technologies by investigating various aspects of everyday human interactions with these technologies, including the very important issues of acceptability and acceptance. The objective of the present study was to evaluate teachers' acceptance of a new educational tablet app for helping preschoolers practice their early literacy and early numeracy skills. Our measures enabled us to assess possible links between acceptance of the app by teachers in France's *écoles maternelles* who had agreed to use it with their students and three main variables: teaching experience, type of school, and beliefs about digital technologies.

1.1. New Technologies Acceptability Model

Acceptability and acceptance are two different concepts. Acceptability refers to factors that come into play when deciding whether or not to adopt a tool or a system in a given environment, whereas acceptance describes the factors that impact the degree to which users embrace an existing tool in that environment. Because individuals' relationships with objects are multidimensional, both acceptability and acceptance depend on a variety of factors.

Alexandre et al.'s (2018) literature review looked at how the concepts of acceptability and acceptance have evolved. Both concepts were initially defined in the field of psychological ergonomics from a tool-use perspective, according to which the most important factors in whether or not a tool is adopted are its usability and accessibility. This perspective shifted to a user-centered approach when the social psychologists Ajzen and Fishbein put forward their theories of reasoned action (TRA; Fishbein & Ajzen, 1975) and of planned behavior (TPB; Ajzen, 1985). They postulated that behavioral intention predicts both acceptability and intention to use, with these intentions being themselves determined by the user's representations of the object.

The TRA and TPB form the basis for Davis' (1989) technology acceptance model (TAM), a user-centered and productivity-oriented model that views acceptance from an ergonomic and social perspective. Indeed, when potential users encounter a new tool, they actively assess its perceived usefulness and perceived ease of use.

Perceived usefulness describes a potential user's evaluation of a tool's ability to improve their productivity in a given environment, whereas perceived ease of use describes the amount of effort a user expects to expend in order to familiarize themselves with and use the tool.

Analyzing these two factors enables a user to decide whether a tool "is really worth using". This decision will lead to an affective response in the form of an attitude towards adopting the tool (acceptability), which will determine the subsequent behavioral response, that is, whether or not the tool is used.

Because the TAM is robust and applicable to many types of technological tools and many types of user, it has been widely applied in research into new technologies (Alomary & Woollard, 2015). Improvements to the original model, including the addition of new explanatory variables, alongside perceived usefulness and perceived ease of use, resulted in the development of TAM-2 (Venkatesh & Davis, 2000) and TAM-3 (Venkatesh & Bala, 2008). Nevertheless, all these versions of the TAM focus solely on intentions to use a tool without considering whether it is actually used, and studies have not always established a causal link between intention and actual use (Webb & Sheeran, 2006). In addition, these theories allow for only a binary behavior, that is, initial rejection or initial acceptance, even though the relationship between a human being and a technological tool is highly complex and includes "living with, being transformed by, being dependent on and being enhanced by" the tool (Sonia & Brangier, 2013, p. 47). Thus, an ergonomist's job is to increase a tool's acceptability and

acceptance by reducing the distance between machine and user. As for all types of relationship, acceptance of a tool changes with time, as the user gains experience and familiarity with its use. Limayem et al. (2007) incorporated the links between use and intention into their post-acceptance model (PAM), while noting the importance of taking into account the impact of habit on whether or not intention translates into actual use. Because individuals who are familiar with a tool use it more frequently and for longer periods, habit and familiarity moderate the link between intention to use a tool and actual use.

Numerous scholars have attempted to identify the psychological mechanisms underlying the adoption of a new technology. Their work has resulted in as many models as there are technologies and usage environments but no one has yet produced a universal model. Alexandre et al. (2018) concluded their review of the literature with the idea that acceptability does not depend on a single explanatory criterion. Consequently, they proposed classifying the factors that impact a tool's acceptability into four meta-criteria: usefulness, ease of use, esthetic quality, and the context in which the tool will be used. This final criterion, which includes individual and social variables, is particularly important because a tool is introduced into a context in order to fulfill a specific need. However, assessing these individual and social variables, which are different in every context, requires specific measures. For example, Persico et al. (2014) describe how they adapted the TAM to evaluate the innovative potential of e-learning tools in the context of an Italian university. Indeed, education is a field with numerous particularities that may impact the acceptability and acceptance of digital technologies.

1.2. New Technologies in the Field of Education

New technologies have many potential uses in schools, ranging from organizational aids (diary, digital workplace, etc.) and display systems (projector, screen, interactive whiteboard, etc.) to teaching and learning tools (serious games, online quizzes, etc.). Many stakeholders encourage technological innovations in the field of pedagogy, but it is also important to train teachers how to use the resulting tools (Peraya et al., 2002), as teachers' command of digital tools impacts their readiness to adopt them and how they use them in class (e.g., Stockless et al., 2018).

Following their systematic review of the use of the TAM in education research, Granić and Marangunić (2019) concluded that perceived ease of use and perceived usefulness were major predictors of the acceptability of new technologies. Moreover, more than half of the studies listed in their review included additional or modified variables compared with the base model, thereby showing the need to adapt the TAM to the particularities of each context, as in the study by Persico et al. (2014) referred to in section 1.1.

Granić and Marangunić (2019) also noted the high proportion of studies (83%) that have focused on university education and involved samples of students. The resulting paucity of studies in other educational contexts is particularly noticeable in the case of preschool, even though early learning creates the foundations on which subsequent academic performance is built (e.g., Chetty et al., 2011; Rabiner et al., 2016).

1.3. Educational Tablet Apps and Learning by Preschoolers

Following a study of Computer Assisted Instruction (CAI) for preschoolers, Vernadakis et al. (2006) concluded that digital technologies enable forms of interactivity that promote learning and allow students to be given personalized help according to their needs. Children in

this age group always appear to benefit from using digital technologies at school, but an activity's learning goal must be suited to the children's age and teachers must be trained how to use the tool.

According to Hirsh-Pasek et al. (2015), carefully designed educational apps can provide alternative and interesting ways of engaging children, especially preschoolers, in learning. For Mulet et al. (2019), learners' perceptions of tablets are an important variable to take into account, as they affect the use of tablets and therefore their impact on learning. Similarly, teachers who perceive tablets positively are more likely to integrate them into their teaching, thereby increasing their contribution to learning.

Numerous studies have examined the objective effects of tablets on learning. Xie et al.'s (2018) meta-analysis of this research showed that learning situations involving tablets are more beneficial than situations in which tablets are not used. In addition, the impact of using tablets is moderated by a number of variables, including learner's age, the subject being studied, and the learning environment. Specifically, the impact of tablets on learning efficacy increases with student age; tablets are most effective as learning tools in the case of technological, scientific, and mathematical subjects; and children learn better with tablet apps in a classroom environment than in a laboratory.

The great variability in results between the studies analyzed by Xie et al. (2019) led Griffith et al. (2020) to suggest that a narrative synthesis might be more appropriate than a meta-analysis. In the end, Griffith et al. obtained comparable results to those reported by Xie et al. (2018) and therefore reiterated the message that interactive educational apps may be useful tools for supporting early learning. Nevertheless, surveys show that the use of digital technologies in preschools remains sporadic (e.g., Wartella et al., 2010), so it is important to identify the mechanisms underlying the adoption and acceptance of these new tools. According to Foon Hew and Brush (2007), the barriers that slow teachers' adoption of new technologies are resources, institution, cultural environment (subject culture), attitudes and beliefs, knowledge and skills, and assessment. These factors can be divided into first-order and second-order barriers. First-order barriers are the result of external variables such as the equipment itself and the resources available within the school. Second-order barriers are the result of internal variables such as teachers' skills, beliefs, aptitudes, and behaviors. The present study focused on second-order barriers, as they appear to have the greatest impact on whether or not teachers adopt digital technologies in the classroom.

1.4. Using Educational Apps to Support Early Literacy and Numeracy Skills

Early literacy describes the knowledge, skills, and attitudes that underlie the development of conventional forms of reading and writing (Whitehurst & Lonigan, 1998; Snow et al., 1998). According to Lonigan and Shanahan's (2008) report on the development of early literacy, eleven skills—including print knowledge, phonological awareness, and oral language—predict subsequent literary achievement. Because future reading and writing performance are linked to these skills, which include (e.g., Duncan et al., 2007; National Early Literacy Panel [NELP], 2008), it is important to start working on them very early and in a variety of ways.

Some studies have reported a positive impact of digital technologies (e-books, tablet computers, etc.) on the development of early literacy skills such as alphabet knowledge, vocabulary (De Jong & Bus, 2004; Moody, 2010; Neumann, 2018), and phonological awareness (Chera & Wood, 2003; Karemaker et al., 2010; Wood, Pillinger, & Jackson, 2010). That being said, new technologies must not be seen as replacing or competing with other

classroom tools; they should be considered complementary tools that can be used to vary ways of learning (Yelland, 2018).

Early numeracy describes a distinct set of skills that develop in interaction to build more advanced mathematical skills (Aunola et al., 2004; Purpura et al., 2013). Some aspects of early numeracy, such as numeral knowledge, quantification (counting, estimating, or subitizing), and story problems, have been more widely studied than others. Educational tablet apps can provide effective individual aids for developing early mathematics skills (e.g., Outhwaite et al., 2017), although their benefits depend on their content being based on a solid and well-constructed program suited to the child's age (e.g., Pitchford, 2015, Schacter & Jo, 2016).

1.5. Study Objectives

Although there is general agreement in the literature that digital technologies offer an interesting medium for working on early learning skills (e.g., Vernadakis et al. 2006; Xie et al., 2018), these technologies will be used effectively only if they are embraced by teachers. The issue of why people adopt or reject digital technologies is attracting ever-more attention from researchers in the fields of ergonomics and human-machine interactions. Because teachers' beliefs about digital technologies appear to be an important factor in determining the acceptability and acceptance of educational apps (e.g., Ertmer et al., 2012), it is essential to assess these beliefs in order to better understand the mechanisms underlying acceptability and acceptance.

As noted above, acceptability and acceptance are complex concepts that incorporate all the factors influencing decisions on whether or not to use a tool in a given context (Alexandre et al., 2018). Given the paucity of research on acceptability and acceptance in preschool contexts (Granić & Marangunić, 2019), we conducted a study to answer the following three questions:

- 1) What do preschool teachers believe about the value of digital technologies as a teaching resource for their students?
- 2) How well will preschool teachers accept an educational app they are asked to use with their students?
- 3) Is acceptance of an educational app linked to type of school, teaching experience, or teachers' beliefs?

2. Method

2.1. Participants

We conducted our study in Lorraine, a region of northeast France with a population of approximately 2.4 million. Our sample comprised 214 kindergarten teachers (197 women, 17 men) with between 1 and 43 years' teaching experience (mean = 18.7 years, standard deviation = 12.6). We recoded this latter variable into three categories: between 1 and 15 years' experience (36%), between 16 and 30 years' experience (44%), and 31 years' experience or more (19%). As a way of reducing inequalities in education, French schools whose students face socioeconomic difficulties and who perform poorly on national evaluations are given extra financial and human resources via a program known as the "Priority Education Networks" (Réseaux d'Éducation Prioritaire). Thirty-nine percent of the teachers in our sample worked in

Priority Education Network schools; the remaining 61% worked in schools outside Priority Education Networks.

2.2. Procedure

We carried out our study in *écoles maternelles* (preschools), which are a pillar of the French education system. *École maternelle* is free and has been obligatory for all children from the age of 3 years since the start of the 2019 school year. Since 2015 the official *école maternelle* curriculum (MEN, 2015) has included an area of learning called “Explore the world”, which includes teaching students to use digital technologies.

We conducted the study in two stages. In Stage 1 we asked the 214 teachers in our sample to provide socio-professional information and to complete a series of items measuring their beliefs about the use of digital technologies at school. Stage 2 of the study involved 62 of the original 214 teachers and was conducted as part of the LINUMEN (Littératie et Numératie Emergentes par le Numérique – Digital Technologies for Developing Early Literacy and Numeracy) project.

LINUMEN was set up to develop an educational tablet app, called AppLINO (Apprendre avec Linou en Maternelle – Learn in Preschool with Linou), for use in *école maternelle* classrooms. AppLINO was developed collaboratively by researchers and education professionals (teachers and school inspectors) in order to ensure it was suitable for use in France’s preschools. It includes ten early numeracy activities and ten early literacy activities (see Author et al., submitted).

In order to test AppLINO, we carried out a longitudinal study involving an experimental group of 62 teachers who used AppLINO with 40 classes of students, following a precise protocol, and a control group of XX teachers (32 classes) who followed the standard preschool curriculum without the teachers being required or advised to modify their teaching in any way.

The French school year runs from September to June. We started the experiment in March 2019 with students in the middle year of *école maternelle* (*moyenne section*, mean age 4.5 years). Teachers in the experimental group were required to use AppLINO in class for 10 weeks and to ask each student to do two early literacy activities and two early numeracy activities per week. The maximum length of each activity was set at 10-15 minutes, which meant that each student worked on the app’s activities for a total of around 1 hour per week.

2.3. Measures

2.3.1. Questionnaire on Teachers’ Beliefs

We measured teachers’ beliefs via an 18-item questionnaire based on existing measures of teachers’ attitudes toward new technologies (e.g., Bebell & Kay 2010; Cho & Littenberg-Tobias, 2016; Hardy, 2014). Teachers indicated the extent to which they agreed with each item, giving their answers on 5-point Likert scales.

We used LISREL 9.3 (Jöreskog & Sörbom, 1993, 2004) to perform a confirmatory factor analysis on the scores for the 18 items. All the analyses were based on the correlation matrix and used maximum likelihood as the estimation method. Testing the model against the data revealed three factors (Table 1). All of the items saturated significantly on their respective factor and the fit of the data to the model was satisfactory ($\chi^2 = 245$ for 128 degrees of freedom; $p = 0.01$; RMSEA (residuals) = 0.07; CFI = 0.92; NNFI = 0.90).

The first factor contained nine items referring to “favorable beliefs about learning”. Teachers with high scores on this factor believe that digital technologies have a positive impact on students’ learning. The second factor contained five items referring to “favorable beliefs about transversal skills”. Teachers with high scores on this factor believe that digital technologies can help students develop creativity, critical thinking, self-knowledge, and social skills. The third factor contained four items referring to “unfavorable beliefs about digital technologies”. Teachers with high scores on this factor believe that digital technologies do not help students develop and learn.

Table 1. Confirmatory Factor Analysis of the Items on the Teachers’ Beliefs about Digital Technologies at School Questionnaire

	Factor		
	1	2	3
01. Digital tools favor learner autonomy.	0.74		
02. Digital tools help students concentrate.	0.70		
03. Digital tools help students who are struggling to learn.	0.68		
04. Students interact closely with digital tools they are asked to use.	0.67		
05. Digital tools can help students understand difficult concepts.	0.65		
06. Digital tools increase students’ motivation.	0.65		
07. Students work together better when they use digital tools.	0.65		
08. Digital tools allow more active learning.	0.63		
09. Students gain a better understanding of a subject when they use digital tools.	0.59		
10. Digital tools help students develop their creativity.		0.72	
11. Students find creative solutions to problems when they use digital tools.		0.65	
12. Digital tools enable students to have better social relations with other students.		0.64	
13. Digital tools help students develop critical thinking.		0.63	
14. Students develop greater self-knowledge when they use digital tools.		0.58	
15. Digital tools accentuate children’s social isolation.			0.70
16. Students become “lazy” when they use digital tools.			0.67
17. Using digital tools is detrimental to students developing social skills.			0.45
18. Digital tools can distract students in class.			0.41

2.3.2. The App Acceptance Questionnaire

Because teachers in the experimental group were required to use AppLINO in the classroom during the test period, we evaluated its acceptance but not its acceptability. To do this, we created a questionnaire based on Nielsen (1993) but adapting the questions to the world of teaching. According to Nielsen, acceptance comprises three dimensions: social acceptability, usefulness, and usability. In our study, social acceptability corresponded to the teachers' perceptions of the tool: If teachers perceive a tool as being appropriate and in step with their teaching practices, they are likely to share it with their colleagues. Usefulness and usability cover more practical considerations. Usefulness corresponds to whether a tool contributes to attaining the desired goals. AppLINO's goals are to get students to work and to help them progress in the areas covered by the *école maternelle* curriculum, which every teacher must follow. Usability corresponds to how easy the tool is to use. In our case, AppLINO will be considered useable if students are able to use it on their own without input from their teacher.

The questionnaire contained 10 items. Teachers stated the extent to which they agreed with each item, giving their answers on 5-point Likert scales (Table 2).

Table 2. Confirmatory Factor Analysis of the Items on the Acceptance Questionnaire

	Factor		
	1	2	3
01. The tablet's activities are compatible with the way I teach.	0.65		
02. The content of the activities follows the progression described in the curriculum.	0.53		
03. I would encourage my colleagues to use these activities with their students.	0.87		
04. Doing the activities on a tablet is a plus.		0.81	
05. The activities helped students who were struggling to progress.		0.80	
06. The activities gained my students' interest.		0.87	
07. The activities helped students who were not struggling to progress.		0.50	
08. The priming for the activities (demonstration given at the beginning of each activity) allowed the children to understand what they had to do.			0.89
09. The feedback provided during the activities helped the children complete the tasks.			0.86
10. The vocabulary used in the instructions was suited to my students' abilities.			0.83

We conducted a confirmatory factor analysis on the scores for the items. Testing the model against the data revealed three factors (Table 2). All of the items saturated significantly

on their respective factor ($\chi^2 = 65$ for 29 degrees of freedom; $p = 0.01$; RMSEA (residuals) = 0.09; CFI = 0.96; NNFI = 0.93).

The first factor contains three items referring to the social acceptability dimension of acceptance. Teachers with high scores on this factor believe that the app conforms to their values and teaching methods. The second factor contains four items corresponding to the usefulness dimension. Teachers with high scores on this factor believe that the app is useful in helping their students learn. The third factor contains three items referring to usability. Teachers with high scores on this factor consider the app easy to use.

3. Results

3.1. Preliminary Analyses

We calculated total scores for each variable by summing the scores for the items comprising that variable. Table 3 shows means, standard deviations, ranges, and Cronbach's alphas for each variable. Univariate normality indices (skewness and kurtosis) showed that the distribution of the data could be considered normal: skewness indices were all substantially lower than 3.00, the threshold above which data are considered asymmetrical, and kurtosis indices were all substantially lower than 10.00, the threshold above which the normality of a distribution is considered problematic (Kline, 1998). Correlations between the variables are shown in Table 4.

Table 3. Descriptive Statistics and Item Analyses for the Study Variables

Stage 2	Number	Cronbach's	Mean	SD	Range	Skewness	Kurt
1. Unfavorable beliefs about digital	4	0.63	2.85	0.78	1 - 5	0.06	-0.34
2. Favorable beliefs about	5	0.79	2.64	0.74	1 - 4.40	0.22	-0.27
3. Favorable beliefs about learning	9	0.81	3.35	0.67	1.11 - 5	-0.42	0.56
Stage 2							
4. Social acceptability of numeracy	3	0.73	3.93	0.64	1.87 - 4.94	-1.14	1.98
5. Usefulness of numeracy activities	4	0.80	3.54	0.70	1.34 - 4.75	-0.78	1.01
6. Usability of numeracy activities	3	0.89	3.62	0.69	1.89 - 5.00	-0.28	0.21
7. Social acceptability of literacy	3	0.72	3.90	0.55	2.10 - 4.90	-1.01	2.07
8. Usefulness of literacy activities	4	0.83	3.45	0.68	1.75 - 4.61	-0.58	0.10
9. Usability of literacy activities	3	0.90	3.57	0.68	1.67 - 4.76	-0.72	1.01

NB. Stage 1: N = 167; Stage 2: N = 62

Table 4. Correlation Matrix for the Study Variables

Stage 1	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Unfavorable beliefs about digital	1							
2. Favorable beliefs about transversal skills	-.33**	1						
3. Favorable beliefs about learning	-.37**	.63**	1					
Stage 2								
4. Social acceptability of numeracy activities	-.30*	.27	.26	1				
5. Usefulness of numeracy activities	-.26	.25	.35*	.74**	1			
6. Usability of numeracy activities	-.38**	.43**	.40**	.79**	.65**	1		
7. Social acceptability of literacy activities	-.12	.30*	.12	.78**	.63**	.64**	1	
8. Usefulness of literacy activities	-.22	.36**	.28	.53**	.72**	.53**	.74**	1
9. Usability of literacy activities	-.36**	.43**	.33*	.62**	.55**	.81**	.71**	.75**

NB. Stage 1: N = 214; Stage 2: N = 62; **: p < .01. *: p < .05.

3.2. Teachers' Beliefs as a Function of Teaching Experience and Type of School

We compared teaching experience with the mean scores for each of the three dimensions of teachers' beliefs. ANOVAs showed that the only dimension to be significantly linked to teaching experience was favorable beliefs about transversal skills ($F(2,211) = 5,482, p < 0.01$): the youngest teachers had higher scores on this dimension than the other teachers. In addition, type of school was significantly linked to both positive dimensions of teachers beliefs. Compared with teachers in Priority Education Network schools, teachers in non-Priority Education Network schools had more favorable beliefs about transversal skills ($t(213) = -2,379; p < 0.01$) and more favorable beliefs about learning ($t(213) = -813; p < 0.01$).

3.3. Links Between Teachers' Characteristics and Acceptance

We used multiple regression analyses to examine the effect of teachers' characteristics (teaching experience and type of school) and teachers' beliefs on the three dimensions of acceptance (Table 5). We introduced teachers' beliefs and teachers' characteristics as explanatory variables in the six models presented.

Table 5. Effects of Teachers' Characteristics and Teachers' Beliefs on the Three Dimensions of Acceptance

	Numeracy activities			Literacy activities		
	Social acceptability	Usefulness	Usability	Social acceptability	Usefulness	Usability
- Teaching experience	-.15	-.04	-.13	-.15	-.04	-.05
- Type of school (0 = non-PEN* and 1 = PEN*)	-.41*	-.21	-.46**	-.40**	-.31**	-.42**
- Unfavorable beliefs about digital technologies	-.08	-.09	-.08	.09	-.01	-.14
- Favorable beliefs about transversal skills	.13	-.08	.22	.44**	.29	.33**
- Favorable beliefs about learning	.18	.36*	.24	-.11	.07	.04
R ²	28%	18%	43%	27%	23%	39%

* = priority education network

The six models shown in Table 5 explained between 18% and 43% of the variance. This percentage was highest for usability. In terms of teachers' characteristics, teaching experience had no effect on any of the dimensions of acceptance, but type of school had an impact on all the dimensions except for usefulness with respect to numeracy. The teachers who worked in Priority Education Network schools had lower acceptance scores than the teachers who worked in non-Priority Education Network schools. Type of school had the greatest impact on usability ($\beta = -.46$ and $-.42, p < .01$, for numeracy and literacy, respectively).

In terms of teachers' beliefs, favorable beliefs about transversal skills had a positive

impact on the social acceptability ($\beta = .41, p < .01$) and usability ($\beta = .32, p < .01$) dimensions of numeracy activities.

4. Discussion

4.1. Teachers' Beliefs about Digital Technologies

Our questionnaire on teachers' beliefs about digital technologies had good psychometric properties and good internal validity, as shown by the confirmatory factor analysis, which revealed three factors: unfavorable beliefs about digital technologies, favorable beliefs about transversal skills, and favorable beliefs about learning.

Analyses of links between teachers' characteristics and their beliefs showed that teachers who were relatively new to teaching believed more strongly than their colleagues in the benefits of digital technologies for developing their students' transversal skills. This may be due to a generational difference linked to France's teacher training program, which has included modules on using digital technologies in education only for the last ten years (Bruillard, 2017). We also found links between teachers' beliefs and type of school. Compared with teachers in Priority Education Network schools, teachers in non-Priority Education Network schools had more favorable beliefs about transversal skills and about learning. In other words, teachers who taught in schools with educational and social difficulties were less convinced of digital technologies' benefits for students. Further research is needed to confirm this new result.

4.2. Teachers' Acceptance of the App

We measured teachers' acceptance of the AppLINOU tablet app via a questionnaire we created specifically for our study, drawing on questionnaires used by other studies that have applied the TAM in the field of education (see Granić & Marangunić, 2019). Our questionnaire had good psychometric qualities and good internal validity, as shown by the confirmatory factor analysis, which revealed three dimensions of acceptance: social acceptability, usability, and usefulness.

Overall, the teachers who used AppLINOU had above average acceptance scores, indicating that the app was well accepted. Statistical analyses also showed that the most important dimension in explaining the app's acceptance was usability. This result is in line with the findings of other studies, which have found usability or perceived usability to be a very important factor in acceptance and acceptability models (Alexandre et al., 2018, Tulinoya et al., 2018).

4.3. Links Between Teachers' Beliefs, Teachers' Characteristics, and Acceptance of the App

Teachers with favorable beliefs about transversal skills evaluated the social acceptability and usability of the app's numeracy activities more positively than their colleagues. This finding provides empirical support for Foon Hew and Brush's (2007) model, according to which beliefs can either create barriers or facilitate the use of new technologies by teachers. According to Alexandre et al. (2018), beliefs contribute to the overall judgment meta-criterion for acceptance and acceptability. Nevertheless, our study is the first to obtain this finding, so it needs to be confirmed.

Although teachers who were relatively new to the profession had more positive beliefs than their colleagues about the utility of new technologies for developing transversal skills, teaching experience had no effect on any of the dimensions of acceptance. In contrast, the type of school variable impacted all of the dimensions of acceptance except for usefulness for developing numeracy skills. When considering literacy skills, teachers at Priority Education Network schools evaluated the app's social acceptability, usability, and usefulness less positively than teachers at non-Priority Education Network schools. This was also the case for the app's social acceptability and usability with respect to numeracy skills, but not for usefulness. Furthermore, the impact of type of school was greatest for the usability dimension. This result shows the importance of the context in which a tool is used and supports Alexandre et al.'s (2018) decision to include social context as one of the four meta-criteria determining a tool's acceptance.

4.4. Limitations

Our study contributes to research into the acceptance of educational apps by preschool teachers by revealing the links between teachers' characteristics and app acceptance. In addition, it allowed us to create and validate two new questionnaires for measuring teachers' beliefs about digital technologies and teachers' acceptance of an educational app. However, our study has some limitations.

First, although Stage 1 of our study involved a large sample of teachers, the sample for Stage 2 was too small to conduct other types of analysis, such as comparisons as a function of teachers' sex. Second, the teachers who agreed to take part in Stage 2 of the experiment were volunteers, which undoubtedly impacted our results, as these teachers would be expected to have generally favorable attitudes toward digital technologies. Voluntarism is known to impact acceptance and acceptability (Alexandre et al., 2018). Third, the results obtained using our acceptance questionnaire may not be generalizable to other digital tools, as the questionnaire would have to be adapted to each tool's specificities. Finally, our questionnaire did not take into account all aspects of teachers' beliefs.

5. Conclusion

Educational apps can have beneficial effects on learning by preschoolers (e.g., Griffith et al., 2020; Neumann, 2018; Outhwaite et al., 2017). What is more, combining digital tools with conventional teaching methods is a way for teachers to stimulate learning by creating more varied learning opportunities (Yelland, 2018). Nevertheless, teachers must be trained how to use these tools (Peraya et al. 2002) and it is crucial to determine the circumstances in which it is appropriate to use them.

More research is now needed to further examine the links between the context in which a tool is used and its acceptance, and to ascertain whether there are other variables, in addition to teachers' beliefs and usability, that explain acceptance. Possible links between these variables should also be investigated.

References

- Alexandre, B., Reynaud, E., Osiurak, F., & Navarro, J. (2018). Acceptance and acceptability criteria: a literature review. *Cognition, Technology & Work*, 20, 165-177. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0459-1>
- Alomary, A. & Woollard, J. (2015). *How Is Technology Accepted by Users? A Review of Technology Acceptance Models and Theories* [oral communication]. IRES 17th International Conference, London, United Kingdom. <https://eprints.soton.ac.uk/382037/>
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M. K., & Nurmi, J. E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of educational psychology*, 96(4), 699-713. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.699>
- Bebell, D., & Kay, R. (2010). One to one computing: A summary of the quantitative results from the Berkshire wireless learning initiative. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 9(2), 5-59. <https://ejournals.bc.edu/index.php/jtla/article/view/1607>
- Bruillard, E. (2017). Former des enseignants pour une école « numérique » et « postmoderne ». *Administration & Éducation*, 154(2), 25-31. <https://doi.org/10.3917/admed.154.0025>
- Chera, P., & Wood, C. (2003). Animated multimedia “talking books” can promote phonological awareness in children beginning to read. *Learning and Instruction*, 13, 33-52. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00035-4)
- Chetty, R., Friedman, J. N., Hilger, N., Saez, E., Schanzenbach, D.W. & Yagan, D. (2011). How does your kindergarten classroom affect your earnings? Evidence from Project STAR. *Quarterly Journal of Economics*, 126(4), 1593-1660. <https://doi.org/10.1093/qje/qjr041>
- Cho, V., & Littenberg-Tobias, J. (2016). Digital devices and teaching the whole student: developing and validating an instrument to measure educators’ attitudes and beliefs. *Educational Technology Research and Development*, 64, 643-659. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9441-x>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, Model 3 and a research agenda on interventions. *Decision and user acceptance of information technology. MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- De Jong, M., & Bus, A. (2004). The efficacy of electronic books in fostering kindergarten children’s emergent story understanding. *Reading Research Quarterly*, 39, 378-393. <https://doi.org/10.1598/RRQ.39.4.2>
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., & Sexton, H. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental psychology*, 43(6), 1428. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E. & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59, 423-435. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.001>
- Foon Hew, K. & Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational Technology Research and Development*, 55(3), 223-252. <https://doi.org/10.1007/s11423-006-9022-5>

- Granić, A., & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2572- 2593. <https://doi.org/10.1111/bjet.12864>
- Griffith, S. H., Hagan, M. B., Heymann, P., Heflin, B. H. & Bagner, D. M. (2020). Apps As Learning Tools: A systematic review. *Pediatrics*, 145(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2019-1579>
- Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2016). Tablet use in schools: A critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(2), 139- 156. <https://doi.org/10.1111/jcal.12123>
- Hardy, J. V. (2014). Teacher attitudes toward and knowledge of computer technology. *Computers in the Schools: Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research*, 13(3-4), 119-136. https://doi.org/10.1300/J025v14n03_11
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J., Golinkoff, R., Gray, J., Robb, M., & Kaufman, J. (2015). Putting Education in “Educational” Apps: Lessons From the Science of Learning. *Psychological Science in the Public Interest*, 16(1), 3-34. <https://doi.org/10.1177/1529100615569721>
- Jöreskog, K.G., & Sörbom, D. (1993). *LISREL 8: Structural Equation Modeling with the SIMPLIS Command Language*. Chicago, IL : Scientific Software International.
- Jöreskog, K., & Sörbom, D. (2004). *Interactive Lisrel (8.72)*. Chicago, IL : Scientific Software International.
- Karemaker, A., Pitchford, N., & O’Malley, C. (2010). Enhanced recognition of written words and enjoyment of reading in struggling beginner readers through whole-word multimedia software. *Computers and Education*, 54(1), 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.07.018>
- Kline, R. B. (1998). *Methodology in the Social Sciences. Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. New York, NY, US: Guilford Press.
- Limayem, M., Hirt, S. G. & Cheung, C. M. K. (2007). How habit limits the predictive power of intention: the case of information systems continuance. *MIS Quarterly*, 31(4), 705- 737.
- Lonigan, C. J., & Shanahan, T. (2008). Executive Summary Developing Early Literacy: Report of the National Early Literacy Panel A Scientific Synthesis of Early Literacy Development and Implications for Intervention (pp. v-xii). In *Developing Early Literacy: Report of the National Early Literacy Panel (pp. 55-106)*. Washington, DC: National Institute for Literacy.
- Ministère de l’Education nationale (2015). Programme d’enseignement de l’école maternelle. Official Gazette special issue n°2 of March 26, 2015. https://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_2/84/6/2015_BO_SPE_2_40_48_46.pdf
- Moody, A. (2010). Using electronic books in the classroom to enhance emergent literacy skills in young children. *Journal of Literacy and Technology*, 11(4), 22-52.
- Mulet, J., Van de Leemput, C. & Amadieu, F. (2019). A Critical Literature Review of Perceptions of Tablets for Learning in Primary and Secondary Schools. *Educational Psychology Review*, 31, 631-662. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09478-0>
- National Early Literacy Panel. (2008). *Developing Early Literacy: Report of the National Early Literacy Panel*. Washington, DC: National Institute for Literacy.
- National Mathematics Advisory Panel. (2008). Foundations for Success: The Final Report of the National Mathematics Advisory Panel. Washington, DC: US

Department of Education.

- Neumann, M.M. (2018). Using tablets and apps to enhance emergent literacy skills in young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 42, 239-246. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2017.10.006>
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston: Morgan Kaufmann.
- OCDE (2015), *Students, Computers and Learning : Making the Connection*, PISA, Éditions OCDE : Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Outhwaite, L. A., Gulliford, A., Pitchford, N. J. (2017). Closing the gap: Efficacy of a tablet intervention to support the development of early mathematical skills in UK primary school children. *Computers & Education*, 108, 43-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.011>
- Peraya, D., Viens, J. & Karsenti, T. (2002). Introduction : formation des enseignants à l'intégration pédagogique des TIC : Esquisse historique des fondements, des recherches et des pratiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 28(2), 243-264. <https://doi.org/10.7202/007353ar>
- Persico, D., Manca, S. & Pozzi, F. (2014). Adapting the Technology Acceptance Model to evaluate the innovative potential of e-learning systems. *Computers in Human Behavior*, 30, 614-622. <https://doi.org/10.1016/J.chb.2013.07.045>
- Pitchford, N. J. (2015). Development of early mathematical skills with a tablet intervention: a randomized control trial in Malawi. *Frontiers in Psychology*, 6:485. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00485>
- Purpura, D. J., Baroody, A. J., & Lonigan, C. J. (2013). The transition from informal to formal mathematical knowledge: Mediation by numeral knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 105, 453-464. <https://doi.org/10.1037/a0031753>
- Rabiner, D. L., Godwin J. & Dodge, K. A. (2016) Predicting Academic Achievement and Attainment: The Contribution of Early Academic Skills, Attention Difficulties, and Social Competence. *School Psychology Review*, 45(2), 250-267. <https://doi.org/10.17105/SPR45-2.250-267>
- Schacter, J., & Jo, B. (2016). Improving low-income preschoolers mathematics achievement with Math Shelf, a preschool tablet computer curriculum. *Computers in Human Behavior*. 55, 223–229. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.09.013>
- Snow, C. E., Burns, M. S., & Griffin, P. (Eds.). (1998). *Preventing Reading Difficulties in Young Children*. Washington, DC: National Academy Press.
- Sonia, A. & Brangier, E. (2013). Evolutions in the human technology relationship : rejection, acceptance and technosymbiosis. *IADIS International Journal*, 11(3), 46-60. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00950064>
- Stockless, A., Villeneuve, S. & Gingras, B. (2018). Maîtrise d'outils technologiques : son influence sur la compétence TIC des enseignants et les usages pédagogiques. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 44(2). <https://doi.org/10.21432/cjlt27581>
- Tulinayo, F., Ssentume, P. & Najjuma, R. (2018). Digital technologies in resource constrained higher institutions of learning: a study on students' acceptance and usability. *Int J Educ Technol High Educ*, 15, 36. <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0117-y>
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 39(2), 273-315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of Technology

- Acceptance Model : Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Vernadakis, N., Avgerinos, A., Tsitskari, E. & Zachopoulou, E. (2005). The use of computer assisted instruction in preschool education: making teaching meaningful. *Early Childhood Education Journal*, 33(2), 99-104. <https://doi.org/10.1007/s10643-005-0026-2>
- Wartella, E., Schomberg, R., Lauricella, A., Robb, M., & Flynn, R. (2010). *Technology In the Lives of Teachers and Classrooms: Survey of Early Childhood Teachers and Childcare Providers*. Fred Rogers Center for Early Learning and Children's Media.
- Webb, T. L. & Sheeran, P. (2006). Does changing behavioral intentions engender behavior change? A meta-analysis of the experimental evidence. *Psychological Bulletin*, 132(2), 249-268. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.2.249>
- Whitehurst, G. J., & Lonigan, C. J. (1998). Child development and emergent literacy. *Child Development*, 69(3), 848-872. <https://doi.org/10.2307/1132208>
- Wood, C., Pillinger, C., & Jackson, E. (2010). Understanding the impact of young readers' literacy interactions with talking books and during adult reading support. *Computers and Education*, 54(1), 190-198. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.08.003>
- Xie, H., Peng, J., Qin, M., Huang, X., Tian, F. & Zhou, Z. (2018). Can touchscreen devices be used to facilitate young children's learning? A meta-analysis of touchscreen learning effect. *Frontiers in Psychology*, 9(2580). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02580>
- Yelland, N. J. (2018). A pedagogy of multiliteracies: Young children and multimodal learning with tablets. *British Journal of Educational Technology*, 49(5), 847-858. <https://doi.org/10.1111/bjet.12635>

Chapitre 4 Liens entre l'acceptance des enseignants d'une application éducative et les performances des élèves en littératie et en numératie émergentes

Introduction :

Ce chapitre, exclusivement sous forme d'article, aborde la question des liens entre l'acceptance des enseignants de l'application AppLINOu et les performances des élèves en littératie et en numératie émergentes. En effet, il existe des études traitant de l'impact des outils numériques sur les performances des élèves et d'autres portant uniquement sur l'acceptance de ces outils numériques (Alexandre et al., 2018). Cependant, peu d'études s'intéressent aux liens entre l'acceptance et les performances. De plus, les rares études sur la question se focalisent sur les élèves ou les étudiants et peu sur l'acceptance des enseignants (Al-Emran et al., 2018).

L'étude a porté sur 33 enseignants de maternelle du groupe expérimental de la recherche LINUMEN. Les enseignants ont expérimenté dans leur classe durant 10 semaines AppLINOu. L'échantillon est constitué 353 élèves (169 filles et 184 garçons), âgés de 3.92 à 4.91 ans. L'acceptance des enseignants a été évalué par le questionnaire présenté dans l'article 2 de ce manuscrit. De même les performances des élèves ont été évaluées en LE et NE.

Des analyses de régression multiniveaux ont été utilisées pour modéliser les relations entre l'acceptance d'AppLINOu par les enseignants et les résultats des élèves au post-test. Les résultats ont permis de montrer que la dimension utilisabilité de l'acceptance des enseignants a un effet significatif sur les scores au post-test en NE et en LE des enfants.

Article 3 : Tazouti, Y., & Hoareau, L. (en préparation). Liens entre l'acceptance des enseignants d'une application éducative et les performances des élèves en littératie et en numératie émergentes. *Revue cible : Journal of School Psychology*.

Résumé

De nombreux travaux se sont intéressés à l'acceptance des applications éducatives ou encore à leurs contributions aux apprentissages des élèves. En revanche, aucune recherche à notre connaissance ne s'est intéressée à examiner les liens entre l'acceptance des enseignants et les performances des élèves notamment en préscolaire. Ce travail se propose d'examiner cette question dans le contexte de l'école maternelle française. L'étude a porté sur 33 enseignants de maternelle et leurs 353 élèves (169 filles et 184 garçons), âgés de 3.92 à 4.91 ans. Les enseignants ont expérimenté dans leur classe durant 10 semaines une application éducative qui développe les compétences en littératie émergente et en numératie émergente des enfants. Des analyses de régression multiniveaux ont permis de montrer que la dimension utilisabilité de l'acceptance des enseignants a un effet significatif sur les scores au post-test en NE et en LE des enfants.

Mots-clés : Acceptance Enseignants, Application éducative, Performances

1. Introduction

De plus en plus de programmes d'intervention éducatives dans le contexte scolaire sont proposés pour renforcer les compétences en littératie émergente (LE) et en numératie émergente (NE) des enfants par des applications éducatives (e.g. Outhwaite et al., 2019, Neumann, 2018). Etant donné que les compétences en LE et en NE sont prédictives des compétences académiques ultérieures (Duncan et al., 2007 ; Jordan et al., 2009), il est important de les travailler dès le plus jeune âge.

L'introduction des applications éducatives peuvent présenter des nouvelles opportunités d'apprentissage pour les élèves à condition d'être dotées des qualités pédagogiques comme par exemple l'explicitation des consignes ou encore la présence de feedbacks (Hirsh-Pasek et al.,

2015). Ces qualités pédagogiques contribuent à augmenter l'acceptance des applications éducatives par les élèves comme par des enseignants et ainsi favorisé leur utilisation en classe. De nombreux travaux se sont intéressés à l'acceptance des applications éducatives (Granić & Marangunić, 2019) ou encore à leurs contributions aux apprentissages des élèves (Griffith et al., 2020). En revanche, aucune recherche à notre connaissance ne s'est intéressée à examiner les liens entre l'acceptance des enseignants et les performances des élèves notamment en préscolaire. Ce travail se propose d'examiner cette question dans le contexte de l'école maternelle française.

1.1. Littératie et numératie émergentes

La littératie émergente (LE) fait référence aux compétences, connaissances et attitudes qui seraient des précurseurs développementaux des formes conventionnelles de lecture et d'écriture (Whitehurst & Lonigan, 1998). Pour qu'une compétence de littératie soit qualifiée d'émergente elle doit remplir deux conditions. Tout d'abord, elle doit être présente avant l'apprentissage des compétences conventionnelles de littératie. Ensuite, elle doit être corrélée aux compétences ultérieures de littératie. Dans leurs méta-analyse Lonigan & Shanahan (2009) ont ainsi identifiés plusieurs compétences de LE comme la connaissance des lettres, la conscience phonologique ou le langage orale. Ces dimensions sont prédictives des compétences ultérieures en lecture et en écriture (Catts et al., 2015 ; National Early Literacy Panel [NELP], 2008 ; Piquard-Kipffer & Sprenger-Charolles, 2013).

Concernant la numératie émergente (NE), elle fait partie des compétences mathématiques précoces qui regroupent plusieurs autres domaines comme la géométrie, la modélisation et la résolution de problèmes (Jordan et al., 2009 ; National Mathematics Advisory Panel [NMAP], 2008; National Research Council [NRC], 2009). Ces compétences précoces, même si elles sont distinctes, se développent en interaction pour construire les compétences mathématiques plus avancées (Aunola et al., 2004 ; Purpura et al., 2013). Plusieurs dimensions composent la NE comme la connaissance des chiffres et des nombres, la quantification (dénombrement, estimation ou subitizing) ou encore les problèmes à histoire. Ces compétences sont également prédictives des compétences mathématiques ultérieures (Rabiner et al., 2016 ; Duncan et al., 2007 ; NMAP, 2008).

1.2. Littératie et numératie émergentes et application éducative

Les travaux empiriques sur les liens entre l'utilisation des écrans tactiles dans le cadre de l'enseignement et les apprentissages des jeunes enfants apportent des résultats mitigés. Certaines études ont montré un effet bénéfique sur les résultats d'apprentissage des jeunes enfants (*e.g.* Papadakis et al., 2018 ; Patchan & Puranik, 2016 ; Schacter & Jo, 2016 ; Wang et al., 2016). D'autres études n'ont pas trouvé d'effet bénéfique (*e.g.* Piotrowski & Krcmar, 2017 ; Schroeder & Kirkorian, 2016 ; Zipke, 2017). En effet, un certain nombre d'études ont indiqué que l'apprentissage sur écran tactile ne montrait pas de supériorité par rapport à d'autres méthodes d'apprentissage, comme l'apprentissage avec des objets physiques (Huber et al., 2016), ou sur papier (Kwok et al., 2016). Par ailleurs, de rares études ont trouvé un impact négatif de l'apprentissage par écran tactile sur les performances des enfants (*e.g.*, Parish-Morris et al., 2013).

Concernant les applications éducatives sur tablette, un certain nombre d'études montre qu'elles permettent aux jeunes enfants de développer leurs compétences en LE comme la connaissance des lettres (Huang et al., 2013), le vocabulaire (Neumann, 2018) ou encore la conscience phonologique (Karemaker et al., 2010). De même, l'utilisation des applications éducatives sur tablette peut constituer également une aide individualisée efficace pour le développement des compétences mathématiques précoces (*e.g.* Ingram et al., 2016 ; Pitchford, 2015, Schacter & Jo, 2016).

Plus généralement, Hirsh-Pasek et al. (2015) soulignent que les applications éducatives sur tablette représentent une façon différente et intéressante de faire entrer les enfants dans les apprentissages, notamment à l'école maternelle. Toutefois, le contenu des applications doit, d'une part, être basé sur un programme solide, bien construit et adapté au stade de développement des enfants. Et, d'autre part, l'utilisation des applications doit être réfléchie et intégrée à la pratique des enseignants. Pour Yelland (2018) les nouvelles technologies ne doivent pas être vues comme des remplacements ou en compétition avec les autres outils pédagogiques de la classe. Au contraire, elles doivent être perçues comme des outils complémentaires à la pratique et offrant des modalités variées d'apprentissage.

1.3. L'acceptance des applications éducatives

La notion d'acceptance se réfère aux facteurs en jeu lors du choix d'adopter ou non un outil numérique lorsqu'il est déjà présent et utilisé dans un environnement donné (Alexandre et

al., 2018). D'après, le modèle d'acceptation des technologies (*the technology acceptance model* [TAM]) (Davis, 1993) deux facteurs ont le plus d'impact sur l'acceptance d'un outil : l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue. L'utilité perçue fait référence aux conséquences probables de l'utilisation de l'outil. L'utilisateur envisage à quel point l'outil va améliorer sa productivité dans un milieu donné. La facilité d'utilisation perçue fait référence aux efforts probables de l'utilisation de l'outil. L'utilisateur envisage la difficulté de prise en main de l'outil. Le TAM a connu de nombreuses améliorations avec le TAM-2 (Venkatesh & Davis, 2000), puis le TAM-3 (Venkatesh & Bala, 2008) qui insère de nouvelles variables explicatives aux facteurs d'utilité perçue et de facilité d'utilisation perçue.

Dans le champ de l'éducation, le TAM est largement utilisé comme en témoigne la revue systématique de Granić et Marangunić (2019) sur la question. Alexandre et al. (2018) concluent leur revue de littérature sur l'idée qu'il est difficile de représenter l'acceptance sur la base d'un seul critère explicatif. Ils proposent ainsi une classification en quatre meta-critères (*meta-criteria*) qui sont : l'utilité de l'outil, la facilité d'utilisation de l'outil, l'esthétique de l'outil et enfin le contexte d'utilisation de l'outil. Dans le contexte d'utilisation sont inclus des variables individuelles et sociales.

1.4. Liens entre acceptance et performances

Dans le champ de l'éducation, les travaux sur les liens entre l'acceptance des nouvelles technologies et les performances des apprenants sont rares. De Muth et Bruskiwitz (2006) ont montré que l'usage de CD-ROM dans la formation à distance de pharmaciens était la méthode la plus acceptable et aussi celle qui a permis de retenir le plus d'informations en comparaison de la méthode traditionnelle de téléconférence. De leur côté, Avila et Lavadia (2019) trouvent des scores élevés d'acceptabilité des podcasts académiques par des étudiants en sciences. Ces derniers améliorent leurs performances académiques en comparaison du groupe contrôle. De même, Mulet et al. (2019) soulignent qu'une perception positive de la tablette par les apprenants dans le cadre scolaire renforcerait leurs apprentissages. Cependant, l'étude de Lombard et al. (2018) montre aussi un paradoxe de la performance-préférence où des étudiants ont montré une meilleure compréhension avec un outil numérique dont l'acceptance était basse comparativement à un autre outil numérique mieux accepté.

Nagy (2018) propose un modèle sur la satisfaction d'apprentissage qui suggère un effet médiateur de l'acceptance sur les performances des étudiants. Dans ce modèle, l'usage

influence la performance de l'élève qui influence ensuite la satisfaction d'apprentissage de celui-ci. L'usage est lui-même fortement influencé par les facteurs de l'acceptance que sont l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue. Il reste cependant nécessaire de faire d'autres études permettant de vérifier l'hypothèse de l'influence de l'acceptance sur les performances dans d'autres contextes et avec d'autres publics.

1.5. Objectifs de l'étude

Il existe des études traitant de l'impact des outils numériques sur les performances des élèves et d'autres portant uniquement de l'acceptance de ces outils numériques (Alexandre et al., 2018). Cependant, peu d'études s'intéressent aux liens entre l'acceptance et les performances. Les rares études sur la question se focalisent sur les élèves ou les étudiants (Al-Emran et al., 2018). A notre connaissance aucune étude n'a porté sur les enseignants notamment au niveau du préscolaire. De même, comme le soulignent Scherer et Teo (2019), peu de travaux sur l'acceptance s'inscrivent dans une démarche longitudinale. Ainsi, cette recherche se propose d'examiner les liens entre l'acceptance par les enseignants d'une application éducative sur tablette et les performances des élèves de maternelles dans le domaine de la littératie et la numératie émergentes. Nous posons comme hypothèse que plus les scores dans les différentes dimensions d'acceptance des enseignants sont élevés, meilleures sont les performances des enfants en LE et en NE.

2. Méthode

2.1. Protocole expérimental

Cette recherche fait partie du projet LINUMEN (Littératie et Numératie Emergentes par le Numérique). Le projet LINUMEN avait comme objectif de développer une application éducative sur tablette utilisable en classe auprès d'enfants d'âge préscolaires. L'application développée s'intitule AppLINO (Apprendre avec Linou en Maternelle). Elle a fait l'objet de co-conception entre des chercheurs et des acteurs éducatifs (enseignants et inspecteurs), afin de proposer une application avec des qualités éducatives en adéquation avec les exigences de l'école maternelle. Cette application propose une dizaine d'activités travaillant les compétences en LE et une dizaine d'activités travaillant les compétences en NE (*cf.* Hoareau et al., 2020).

L'application a été testée selon une méthodologie expérimentale et longitudinale. Le groupe contrôle (GC) composé de 32 classes suivait normalement les programmes sans modification ou autre indication pour les enseignants. Le groupe expérimental (GE) était composé de 40 classes. Dans cette condition, les enseignants utilisaient l'application AppLINOU avec leurs élèves selon un protocole précis.

Selon le calendrier scolaire français, une année scolaire se déroule de septembre à juin. L'expérimentation a commencé en février 2019 alors que les élèves étaient scolarisés en moyenne section de maternelle (MS), ce qui équivaut à un âge de 4,5 ans en moyenne. Le protocole réservé au GE consiste à utiliser l'application durant 10 semaines en classe. Chaque élève avait deux activités de littérature et deux activités de numération par semaine. Toutes les séances suivaient un ordre prédéfini permettant ainsi aux élèves de développer des compétences de plus en plus complexes. La durée d'une activité est fixée de 10 à 15 minutes maximum.

2.2. Participants

L'étude a porté sur 353 élèves de maternelle (169 filles et 184 garçons), âgés de 3.92 à 4.91 ans (moyenne = 4.45 ans, écart-type = .29). Aucun des enfants de notre échantillon n'était connu pour avoir des difficultés de développement. Nous avons déterminé un indice du statut socioéconomique pour la famille de chaque enfant en combinant les scores de cinq indicateurs : le niveau d'éducation du père, le niveau d'éducation de la mère, la profession du père, la profession de la mère et le revenu du ménage. Ces informations ont été recueillies par le biais d'un questionnaire envoyé aux parents. Le niveau d'éducation le plus élevé déclaré par les parents a donné lieu à cinq catégories : 1 = enseignement obligatoire (mère = 12 %, père = 11 %), 2 = diplôme professionnel ou technique (M = 14 %, F = 18 %), 3 = diplôme d'études secondaires (M = 16 %, F = 21 %), 4 = licence (M = 20 %, F = 17 %) et 5 = master et plus (M = 36 %, F = 31 %). La profession du père et de la mère a été classée en six catégories (1 = ouvrier à 6 = cadre supérieur) selon la classification de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE ; <http://www.insee.fr/>). Le revenu mensuel des parents a été mesuré sur une échelle de 6 points allant de 1 = moins de 1000 à 6 = plus de 4000 € par mois. Le revenu familial moyen était de 2790 € (écart-type = 819 €). Les fortes corrélations entre ces cinq indicateurs (elles vont de .51 à .71 et sont toutes significatives à $p < .01$) ont justifié leur regroupement. Le SSE a ensuite été mesuré par la moyenne des cinq indicateurs. Cette moyenne va de 1 à 7.10 (moyenne = 4.31 écart-type = 1.64).

Concernant les enseignants, l'échantillon est constitué de 32 femmes et 1 homme parmi les 40 du groupe expérimental de la recherche LINUMEN. L'ancienneté des enseignants varie entre 4 et 41 ans (moyenne = 23.03 ans et écart-type = 8.62). Dans l'échantillon, 33 % des enseignants exerçaient dans des écoles situées en REP (Réseaux d'Education Prioritaire) et 67 % dans des écoles hors REP. En France, un certain nombre d'établissements font partie du REP. L'appartenance à ce réseau est déterminée par les faibles résultats des élèves aux évaluations nationales et par le niveau socioéconomique défavorisés des élèves fréquentant ces établissements. Conformément au principe d'équité, ces établissements bénéficient de ressources financières et humaines supplémentaires.

2.3. Mesures

Le questionnaire d'acceptance de l'application

Pour mesurer l'acceptance des enseignants de l'application AppLINO nous avons construit et validé un questionnaire (cf. Hoareau et al. Soumis). Ce questionnaire contient 10 items renvoyant à trois facteurs. Le premier facteur comprend trois items renvoyant à la dimension « acceptabilité ». Un score élevé à ce facteur indique que l'enseignant croit que l'application est conforme à ses valeurs et ses pratiques professionnelles. Le deuxième facteur contient quatre items correspondant à la dimension « utilité ». Un score élevé à ce facteur montre que l'enseignant croit que l'application est utile pour les apprentissages des élèves. Le troisième facteur comprend trois items et renvoie à « l'utilisabilité ». Un score élevé à ce facteur reflète la facilité de la prise en main de l'application. Les enseignants indiquaient leurs degrés d'accord avec les différentes propositions sur une échelle de Likert en 5 points (cf. Tableau 1.).

Tableau 1.

Items du questionnaire d'acceptance des enseignants

Items	Dimensions
01. Les activités proposées sont conformes à mes pratiques professionnelles.	acceptabilité
02. Les contenus proposés dans les activités sont conformes avec la progressivité des programmes.	acceptabilité
03. Je conseillerais à mes collègues d'utiliser ces activités avec leurs élèves.	acceptabilité
04. Le fait de faire ces activités sur support tablette apporte une plus-value.	utilité
05. Ces activités ont permis de faire progresser les élèves ayant des difficultés.	utilité
06. Mes élèves manifestent de l'intérêt pour ces activités.	utilité
07. Ces activités ont permis de faire progresser les élèves n'ayant pas de difficultés.	utilité

08. L'amorçage (cad : l'exemple animé du début) proposé dans les activités permet à l'enfant de comprendre ce qu'il doit faire.	Utilisabilité
09. Les feedbacks proposés dans les activités aident l'enfant dans la réalisation de la tâche.	Utilisabilité
10. Le vocabulaire utilisé dans les consignes est adapté au niveau de mes élèves.	Utilisabilité

Les compétences des élèves en littératie et en numératie émergentes

Pour mesurer le niveau des enfants en littératie émergente nous avons utilisé l'Echelle Préscolaire de Littératie Emergente (EPLÉ, Thomas et al. Sous-presse). Cette échelle est composée de 14 subtests mesurant différentes compétences de LE (*cf.* Annexe 1). Concernant, le niveau des enfants en numératie émergente nous avons utilisé les 11 subtests en langue française développé par Thomas et al. (Soumis) (*cf.* Annexe 2). Etant donné les fortes corrélations entre les scores des épreuves de LE (corrélation moyenne = .50) et de NE (corrélation moyenne = .59) nous avons calculé un score global de LE et de NE. Les élèves ont été évalués à deux moments en début de l'année scolaire en octobre-novembre et en fin d'année en mai-juin.

Capacités cognitives générales

Pour mesurer les capacités cognitives générales des enfants, nous avons utilisé les matrices progressives de Raven (Raven, Court & Raven, 1995). Le score a été introduit comme variable de contrôle dans les modèles de régression.

2.4. Procédure d'évaluation

Après avoir obtenu le consentement écrit des parents, nous avons testé les enfants individuellement à l'école maternelle, dans une classe séparée réservée à cet effet. Les évaluations ont été menées par des assistants de recherche diplômés en psychologie et en sciences de l'éducation qui avaient reçu une formation de deux demi-journées à l'administration des tests et qui avaient suivi une procédure de test. Chaque examinateur a reçu un manuel d'administration et de notation. Pour chaque élément du test, l'examineur a noté la réponse de l'étudiant 1 si elle était correcte et 0 si elle ne l'était pas. Chaque sous-test a été interrompu par l'examineur après trois erreurs consécutives. Concernant les enseignants, le recueil des

données a été réalisé par questionnaire à la fin des 10 semaines de l'expérimentation de l'application dans les classes.

3. Résultats

3.1. Analyses préliminaires

Pour les sous-dimensions de l'acceptance, la LE et la NE nous avons calculé la moyenne aux différents items pour obtenir les scores totaux. Le tableau 2 présente les moyennes, les écarts types, les étendus et les alphas de Cronbach des différentes variables de l'étude. L'examen des indices de la normalité univariée des scores aux différentes épreuves, à savoir les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement, ne révèle aucune violation de la normalité de leur distribution. En effet, les coefficients d'asymétrie sont tous inférieurs à 3.00, valeur absolue du seuil au-dessus de laquelle la symétrie est jugée problématique (Kline, 1998). Les coefficients d'aplatissement sont tous inférieurs à 10.00, valeur absolue du seuil au-dessus de laquelle la normalité de la distribution est jugée problématique (Kline, 1998).

Table 2.

Statistiques descriptives et analyse d'items des variables de l'étude

	Nombre d'items	Alpha de Cronbach	Moyenne	ET	Etendu
Score au niveau de la classe (N=33)					
1. Acceptabilité des activités de numératie	3	.73	3.86	.71	1.87 - 4.94
2. Utilité des activités de numératie	4	.80	3.39	.71	1.34 - 4.67
3. Utilisabilité des activités de numératie	3	.89	3.50	.73	1.89 - 4.78
4. Acceptabilité des activités de littératie	3	.72	3.91	.59	2.10 - 4.90
5. Utilité des activités de littératie	4	.83	3.46	.67	1.79 - 4.54
6. Utilisabilité des activités de littératie	3	.90	3.62	.71	1.71 - 4.76
Score au niveau de l'élève (N=353)					
7. Score littératie émergente en t1	124	.88	.30	.16	.02 - .90
8. Score littératie émergente en t2	124	.89	.42	.18	.05 - .89
9. Score numératie émergente en t1	86	.85	.40	.20	.04 - .96
10. Score numératie émergente en t2	86	.86	.58	.21	.05 - .99

Les corrélations entre les variables au niveau de l'élève sont présentées dans le tableau 3. Nous pouvons constater que toutes les variables sont corrélées significativement à .01 à l'exception du SSE et de l'âge de l'enfant.

Table 3.

La matrice de corrélation entre les variables de l'étude

	1	2	3	4	5	6
1. SSE	1					
2. Age	.06	1				
3. Capacités cognitives générales	.22**	.30**	1			
4. Score littératie émergente en t1	.51**	.32**	.46**	1		
5. Score littératie émergente en t2	.53**	.25**	.40**	.84**	1	
6. Score numératie émergente en t1	.41**	.37**	.47**	.76**	.72**	1
7. Score numératie émergente en t2	.41**	.36**	.45**	.69**	.76**	.80**

NB. N = 353 ; ** : p < .01.

3.2. Les modèles de régression multiniveaux

Les analyses statistiques standard reposent sur l'hypothèse de l'indépendance des observations. Or pour les données ayant une structure hiérarchique, les individus ne sont pas indépendants étant donné que les personnes d'une même unité ont tendance à être semblables les unes aux autres. Ignorer la structure hiérarchique des données conduit à sous-estimer l'erreur standard et à obtenir de nombreux résultats faussement significatifs (Hox, 2010). Pour éviter les biais d'agrégation et les erreurs écologiques, la modélisation à plusieurs niveaux est nécessaire (e.g. Raudenbusch & Byrk, 2002). Il est important de noter que les analyses de régression à plusieurs niveaux sont également conçues pour contrôler les différences initiales qui sont statistiquement significatives entre les groupes.

Dans la présente étude, des équations de régression à plusieurs niveaux ont été utilisées pour analyser les relations entre l'acceptance d'AppLINO par les enseignants et les résultats des élèves au post-test. Cinq variables de niveau 1 relatives aux élèves ont été prises en compte : le score au pré-test, l'âge de l'enfant, le sexe, le statut socio-économique et les capacités cognitives générales. Au niveau 2, quatre variables ont été incluses : les trois dimensions de l'acceptance (acceptabilité, utilité et utilisabilité) et le type d'école (REP vs non-REP).

Conformément aux recommandations des spécialistes de la modélisation à plusieurs niveaux (e.g. Peugh, 2010 ; Raudenbush & Bryk, 2002), et afin de faciliter l'interprétation des résultats, nous avons centré et réduit ($m = 0$, $s = 1$) toutes les variables, à l'exception des variables dichotomiques. Comme nous nous sommes surtout intéressés aux différences à l'intérieur des groupes, les variables ont été centrées sur la moyenne du groupe (Enders & Tofghi, 2007). Le logiciel MLwiN 3.05 a été utilisé pour estimer les paramètres (Rasbash et al., 2020). Afin de tester la signification des coefficients de régression, nous avons utilisé le test z pour les variables de niveau 1 et la moyenne d'un test t pour les variables de niveau 2 (le nombre de degrés de liberté de t est égal à $N-q-1$, où N est le nombre d'unités de niveau 2 [c'est-à-dire 72 dans cette étude] et q est le nombre de variables explicatives de niveau 2 ; voir Snijders & Bosker, 1999).

Le tableau 4 indique que la plus grande part des différences se situe entre élèves à l'intérieur des écoles (variance intra-classe). 71 % des différences de scores entre élèves s'expliquent par le fait que les élèves sont différents les uns des autres (âge, sexe, milieu social, niveau en début, etc.). La part de variance inter-classe est de 29%.

Concernant le score total de NE au post-test, l'introduction des variables explicatives (modèle 2) a permis d'améliorer significativement le modèle, $\chi^2(9,353) = 511.81$, $p < .001$. Ensemble, ces variables expliquent 61.97 % de la variance intra-école ($100 \times (.71 - .29) / .71$) et 85.21 % de la variance inter-école ($100 \times (.29 - .04) / .29$).

Dans le modèle 2, les coefficients significatifs étaient, au niveau 1, le score de pré-test ($\beta = .69$, $p < .001$), l'âge ($\beta = .09$, $p < .01$), le SES ($\beta = .08$, $p < .01$) et le score aux capacités cognitives générales ($\beta = .09$, $p < .01$). Le score de début d'année affecte positivement et très significativement le score de fin d'année. Un écart-type de plus au score initial s'accompagne en moyenne d'une augmentation de .69 écart-type au score final. Les enfants les plus âgés progressent plus en fin d'année que les autres. De même, les enfants de milieu sociaux favorisés obtiennent des meilleures performances en fin d'année toutes choses égales par ailleurs.

Concernant les variables de niveau 2, seul le score de la sous-dimension « utilisabilité » a un effet significatif sur le score au post-test en NE ($\beta = .16$, $p < .01$). Les élèves avec des enseignants qui ont déclaré un score élevé d'utilisabilité progressent plus que les autres.

Table 4.

Modèles multiniveaux expliquant le score du post-test en numératie émergente (N=353)

Paramètres	Modèle 1 vide	Modèle 2
<i>Effets fixes</i>		
	Numératie	Numératie
Constante	-.01 (.11)	-.02 (.12)
Variables de niveau 1		
Performances en T1		.69 (.05)**
Sexe (0 = fille, 1 = Garçon)		.04 (.07)
Age		.09 (.04)**
SES		.08 (.04)**
Raven		.09 (.04)**
Variables de niveau 2		
Type école		.01 (.14)
Acceptabilité		-.07 (.10)
Utilité		-.01 (.09)
Utilisabilité		.16 (.08)*
<i>Effets aléatoires</i>		
variance inter-classes	.29 (.09)	.04 (.02)
variance intra-classes	.71 (.06)	.28 (.03)
-2 log L	932,47	42.66

Pour la LE, le tableau 5 indique également que la plus grande part des différences se situe entre élèves à l'intérieur des écoles (variance intra-classe). 60 % des différences de scores entre élèves s'expliquent par le fait que les élèves sont différents les uns des autres. Concernant le

score total de NE, l'introduction des variables explicatives (modèle 2) a permis d'améliorer significativement le modèle, $\chi^2(9,353) = 539.26$, $p < .001$. Ensemble, ces variables expliquent 63.33 % de la variance intra-école ($100 \times (.60 - .22) / .60$) et 95 % de la variance inter-école ($100 \times (.40 - .02) / .40$).

Dans le modèle 2, au niveau 1 seul le score au pré-test était significatif ($\beta = .76$, $p < .001$). Le score du début d'année affecte positivement et très significativement le score de fin d'année. Un écart-type de plus au score initial s'accompagne en moyenne d'une augmentation de .76 écart-type au score final. Concernant les variables de niveau 2, seul le score de la sous-dimension « utilisabilité » a un effet significatif sur le score au post-test en LE ($\beta = .27$, $p < .001$). Les élèves avec des enseignants qui ont déclaré un score élevé d'utilisabilité progressent plus que les autres en LE en fin d'année.

Table 5.

Modèles multiniveaux expliquant le score du post-test en littératie émergente (N=353)

Paramètres	Modèle 1 vide	Modèle 2
<i>Effets fixes</i>	Littératie	Littératie
Constante	-.04 (.12)	-.10 (.09)
Variables de niveau 1		
Performances en T1		.76 (.04)**
Sexe (0 = fille, 1 = Garçon)		-.02 (.06)
Age		.03 (.03)
SES		.06 (.04)
Raven		.03 (.04)
Variables de niveau 2		
Type école		.18 (.11)
Acceptabilité		-.08 (.09)
Utilité		-.06 (.08)
Utilisabilité		.27 (.08)**
<i>Effets aléatoires</i>		
variance inter-classes	.40 (.12)	.02 (.01)
variance intra-classes	.60 (.05)	.22 (.02)
-2 log L	897,02	357,76

4. Discussion

La recherche présentée dans cet article est la première en France à tester les liens entre l'acceptance des enseignants d'une application éducative et les performances des enfants d'âge préscolaire. Notre travail présente également la particularité de s'intéresser conjointement aux apprentissages en LE et en NE ce qui a été rarement réalisé dans la littérature. Tout au long de

notre recherche, nous avons essayé de maintenir une rigueur méthodologique aux niveaux de la conception de l'application, de la fidélité de l'implémentation et des analyses des données.

Tout d'abord, comme évoqué précédemment l'application AppLINOUE a été élaborée selon un cadre théorique de co-conception (Kucirkova, 2016). Le contenu de l'application a été conçu sur la base de données probantes. Nous avons également doté l'application de certaines qualités pédagogiques nécessaires aux apprentissages (Hirsh-Pasek et al., 2015). Ensuite, nous avons adopté un protocole quasi-expérimental rigoureux pour tester l'application en étant vigilant aux qualités psychométriques des mesures effectuées. Enfin, nous avons eu recours à des analyses de régression multiniveaux indispensables dans ce type de recherche (Bressoux, 2020).

4.1. Liens entre l'acceptance et les performances des élèves

Les résultats de notre travail montrent que les enseignants utilisant l'application AppLINOUE ont un score d'acceptance au-dessus de la moyenne, ce qui signifie que l'application AppLINOUE est bien acceptée. L'utilisabilité se révèle être un facteur important dans les modèles d'acceptance (Alexandre et al., 2018 ; Tulinayo et al., 2018).

Notre travail a permis de retrouver certains résultats classiques et de mettre en évidence de nouveaux résultats. Concernant les analyses multiniveaux pour les variables de niveau 1, on constate le poids important du niveau initial dans la détermination du niveau final. De même, le SES a un impact sur le score au post-test de NE. Les enfants issus des familles avec un SES élevé montrent de meilleures performances en NE (DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; Hornburg et al., 2018 ; Mendive et al., 2020). Ces liens pourraient s'expliquer par le fait que les parents ayant un niveau socio-économique plus élevé engagent plus souvent leurs enfants dans des activités mathématiques (e.g. Elliott & Bachman, 2018). Nous avons trouvé également un impact de l'âge sur la NE (Aunio & Niemivirta, 2010). En revanche, contrairement à quelques études qui ont trouvé des différences entre les filles et les garçons (e.g. Below et al., 2010 ; Deasley et al., 2018), nous n'avons trouvé aucune différence de performances à ce niveau scolaire.

Concernant les variables de niveau 2, nous constatons le score à la sous-dimension « utilisabilité » a un effet significatif sur le score au post-test en LE et en NE. Ce résultat est nouveau et mérite d'être confirmé par de futures études.

4.2. Limites et futures directions

Cette recherche comporte au moins deux limites. Tout d'abord, les analyses statistiques que nous avons menées nous ont fourni des informations précieuses. Même si la taille de l'échantillon est suffisante pour mener des analyses multiniveaux, un échantillon de classes plus important aurait permis d'introduire des variables modératrices susceptibles d'influencer l'acceptance comme l'ancienneté des enseignants ou encore le contexte d'exercice.

Ensuite, même si notre questionnaire mesure les trois aspects de l'acceptance et possède des qualités psychométriques satisfaisantes, des observations écologiques des classes auraient pu apporter des informations supplémentaires. Des recherches devraient se poursuivre afin d'identifier plus finement toutes les facettes de l'acceptance.

Référence

- Al-Emran, M., Elsherif, H. M., & Shaalan, K. (2018). Technology Acceptance Model in M-learning context: A systematic review. *Computers & Education, 125*, 389-412. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.008>
- Alexandre, B., Reynaud, E., Osiurak, F., & Navarro, J. (2018). Acceptance and acceptability criteria: a literature review. *Cognition, Technology & Work, 20*, 165-177. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0459-1>
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M., & Nurmi, J. (2004). Developmental dynamics of math performances from preschool to Grade 2. *Journal of Educational Psychology, 96*, 699-713. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.699>
- Aunio, P., & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and Individual Differences, 20(5)*, 427-435. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.06.003>
- Avila, E. C. & Lavadia, M. K. S. (2019). Investigation of the Acceptability and Effectiveness of Academic Podcasts to College Students' Scholastic Performance in Science. *Indian Journal of Science and Technology, 12(34)*, 1-8. <https://doi.org/10.17485/ijst/2019/v12i34/127382>
- Below, J. L., Skinner, C. H., Fearington, J. Y., & Sorrell, C. A. (2010). Gender Differences in Early Literacy: Analysis of Kindergarten through Fifth-Grade Dynamic Indicators of Basic Early Literacy Skills Probes. *School Psychology Review, 39(2)*, 240-257.

- Bressoux, P. (2020). Using multilevel models is not just a matter of statistical adjustment. Illustrations in the educational field. *L'Année psychologique*, *120*, 5-38.
- Catts, H. W., Nielsen, D. C., Bridges, M. S., Liu, Y. S., & Bontempo, D. E. (2015). Early identification of reading disabilities within an RTI framework. *Journal of learning disabilities*, *48*(3), 281–297. <https://doi.org/10.1177/0022219413498115>
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, *38*, 475-487. <https://doi.org/10.1006/imms.1993.1022>
- Deasley, S., Evans, M. A., Nowak, S., & Willoughby, D. (2018). Sex Differences in Emergent Literacy and Reading Behaviour in Junior Kindergarten. *Canadian Journal of School Psychology*, *33*(1), 26-43. <https://doi.org/10.1177/0829573516645773>
- DeFlorio, L., & Beliakoff, A. (2015). Socioeconomic Status and Preschoolers' Mathematical Knowledge : The Contribution of Home Activities and Parent Beliefs. *Early Education and Development*, *26*(3), 319-341. <https://doi.org/10.1080/10409289.2015.968239>
- De Muth, J. E., & Bruskiwitz, R. H. (2006). A comparison of the acceptability and effectiveness of two methods of distance education: CD-ROM and audio teleconferencing. *American journal of pharmaceutical education*, *70*(1), 11. <https://doi.org/10.5688/aj700111>
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... Duckworth, K. (2007). School Readiness and Later Achievement. *Developmental Psychology*, *43*(6), 1428-1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Elliott, L., & Bachman, H. J. (2018). How Do Parents Foster Young Children's Math Skills? *Child Development Perspectives*, *12*(1), 16-21. <https://doi.org/10.1111/cdep.12249>
- Enders, C. K., & Tofighi, D. (2007). Centering predictor variables in crosssectional multilevel models: A new look at an old issue. *Psychological Methods*, *12*, 121–138. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.12.2.121>
- Granić, A., & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, *50*(5), 2572-2593. <https://doi.org/10.1111/bjet.12864>
- Griffith, S. H., Hagan, M. B., Heymann, P., Heflin, B. H. & Bagner, D. M. (2020). Apps As Learning Tools: A systematic review. *Pediatrics*, *145*(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2019-1579>
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J., Golinkoff, R., Gray, J., Robb, M., & Kaufman, J. (2015). Putting Education in “Educational” Apps: Lessons From the Science of Learning. *Psychological Science in the Public Interest*, *16*(1), 3-34. <https://doi.org/10.1177/1529100615569721>

- Hoareau, L., Thomas, A., Tazouti, Y., Dinet, J., Luxembourger, C., Hubert, B., Fischer, J.P., & Jarlégan, A. (2020). Co-designing a new educational tablet app for preschoolers. *Computers in the Schools*. <https://doi.org/10.1080/07380569.2020.1830253>
- Hoareau, L., Thomas, A., Tazouti, Y., Dinet, J., Luxembourger, C., & Jarlégan, A. (soumis). Beliefs about Digital Technologies and Teachers' Acceptance of an Educational App for Preschoolers. *Computers & Education*
- Hornburg, C. B., Schmitt, S. A., & Purpura, D. J. (2018). Relations between preschoolers' mathematical language understanding and specific numeracy skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 176, 84-100. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.07.005>
- Hox, J. J. (2010). *Multilevel Analysis : Techniques and Applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Huang, S., Clark, N., & Wedel, W. (2013). Teaching tips: The use of an iPad to promote preschoolers' alphabet recognition and letter sound correspondence. *Practically Primary*, 18, 24-16.
- Huber, B., Tarasuik, J., Antoniou, M. N., Garrett, C., Bowe, S. J., Kaufman, J., et al. (2016). Young children's transfer of learning from a touchscreen device. *Comput. Human Behav.* 56, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.010>
- Ingram, N., Williamson-Leadley, S. & Pratt, K. (2016). Showing and telling: using tablet technology to engage in mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, 28, 123-147. <https://doi.org/10.1007/s13394-015-0162-y>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45, 850 - 867. <https://doi.org/10.1037/a0014939>
- Karemaker, A., Pitchford, N., & O'Malley, C. (2010). Enhanced recognition of written words and enjoyment of reading in struggling beginner readers through whole-word multimedia software. *Computers and Education*, 54(1), 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.07.018>
- Kline, R. B. (1998). *Methodology in the social sciences. Principles and practice of structural equation modeling*. New York, NY, US: Guilford Press.
- Kucirkova, N. (2016). iRPD - A framework for guiding design-based research for iPad apps. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 598-610. <https://doi.org/10.1111/bjet.12389>
- Kwok, K., Ghrear, S., Li, V., Haddock, T., Coleman, P., and Birch, S. A. J. (2016). Children can learn new facts equally well from interactive media versus face to face instruction. *Front. Psychol.* 7, Article 1603. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01603>

- Lonigan, C. J., & Shanahan, T. (2009). Executive Summary Developing Early Literacy: Report of the National Early Literacy Panel A Scientific Synthesis of Early Literacy Development and Implications for Intervention (pp. v-xii). In *Developing early literacy: Report of the national early literacy panel* (pp. 55-106). Washington, DC: National Institute for Literacy.
- Lombard J., Amadiou F., Bråten I., van de Leemput C. (2018) Reading Multiple Documents on Tablet: Effects of Applications and Strategic Guidance on Performance and Acceptance. In: Zaphiris P., Ioannou A. (eds) *Learning and Collaboration Technologies. Design, Development and Technological Innovation. LCT 2018. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10924. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91743-6_12
- Mendive, S., Mascareño Lara, M., Aldoney, D., Pérez, J. C., & Pezoa, J. P. (2020). Home Language and Literacy Environments and Early Literacy Trajectories of Low-Socioeconomic Status Chilean Children. *Child Development*. <https://doi.org/10.1111/cdev.13382>
- Mulet, J., Van de Leemput, C. & Amadiou, F. (2019). A Critical Literature Review of Perceptions of Tablets for Learning in Primary and Secondary Schools. *Educational Psychology Review*, 31, 631-662. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09478-0>
- Nagy, J. T. (2018). Evaluation of Online Video Usage and Learning Satisfaction: An Extension of the Technology Acceptance Model. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(1). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i1.2886>
- National Early Literacy Panel. (2008). *Developing early literacy: report of the National Early Literacy Panel*. Washington, DC: National Institute for Literacy.
- National Mathematics Advisory Panel. (2008). *Foundations for success: the final report of the National Mathematics Advisory Panel*. Washington, DC: US Department of Education.
- National Research Council. (2009). *Mathematics learning in early childhood: Paths toward excellence and equity*. Washington DC: National Academies Press.
- Neumann, M.M. (2018). Using tablets and apps to enhance emergent literacy skills in young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 42, 239-246. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2017.10.006>
- Outhwaite, L. A., Faulder, M., Gulliford, A., & Pitchford, N. J. (2019). Raising early achievement in math with interactive apps: A randomized control trial. *Journal of Educational Psychology*, 111(2), 284-298. <http://dx.doi.org/10.1037/edu0000286>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., and Zaranis, N. (2018). The effectiveness of computer and tablet assisted intervention in early childhood students' understanding of numbers. An empirical study conducted in Greece. *Education and Information Technologies*. 23, 1849-1871. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9693-7>

- Parish-Morris, J., Mahajan, N., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., and Collins, M. F. (2013). Once upon a time: parent–child dialogue and storybook reading in the electronic era. *Mind Brain Educ.*, 7, 200-211. <https://doi.org/10.1111/mbe.12028>
- Patchan, M. M., & Puranik, C. S. (2016). Using tablet computers to teach preschool children to write letters: Exploring the impact of extrinsic and intrinsic feedback. *Comput. Educ.*, 102, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.07.007>
- Peugh, J. L. (2010). A practical guide to multilevel modeling. *Journal of School Psychology*, 48, 85–112. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2009.09.002>
- Piotrowski, J. T., and Krcmar, M. (2017). Reading with hotspots: young children’s responses to touchscreen stories. *Comput. Human Behav.* 70, 328-334. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.010>
- Piquard-Kipffer, A., & Sprenger-Charolles, L. (2013). Early predictors of future reading skills : A follow-up of French-speaking children from the beginning of kindergarten to the end of the second grade (age 5 to 8). *L'Année Psychologique*, 113(04), 491-521. <https://doi.org/10.4074/S0003503313014012>
- Pitchford, N. J. (2015). Development of early mathematical skills with a tablet intervention: a randomized control trial in Malawi. *Frontiers in Psychology*, 6:485. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00485>
- Purpura, D. J., Baroody, A. J., & Lonigan, C. J. (2013). The transition from informal to formal mathematical knowledge: Mediation by numeral knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 105, 453-464. <https://doi.org/10.1037/a0031753>
- Rasbash, J., Steele, F., Browne, W., & Goldstein, H. (2020). *A user’s guide to MLwiN: Version 3.05*. University of Bristol, England: Centre for Multilevel Modelling.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods (2nd ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Rabiner, D. L., Godwin J. & Dodge, K. A. (2016). Predicting Academic Achievement and Attainment: The Contribution of Early Academic Skills, Attention Difficulties, and Social Competence. *School Psychology Review*, 45(2), 250-267. <https://doi.org/10.17105/SPR45-2.250-267>
- Raven, J. C., Court, J. H., & Raven, J. (1995). *Raven, Matrices Pogresivas (Escalas: CPM, SPM, APM)*. Madrid: TEA Ediciones, S.A
- Schacter, J., and Jo, B. (2016). Improving low-income preschoolers mathematics achievement with Math Shelf, a preschool tablet computer curriculum. *Comput. Human Behav.* 55, 223–229. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.09.013>

- Scherer, R. & Teo, T. (2019). Unpacking teachers' intentions to integrate technology: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 27, 90-109. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001>
- Schroeder, E. L., and Kirkorian, H. L. (2016). When seeing is better than doing: Preschoolers' transfer of STEM skills using touchscreen games. *Front. Psychol.* 7:1377. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01377>
- Snijders, T. A. B., & Bosker, R. J. (1999). Multilevel analysis: An introduction to basic and advanced multilevel modeling. Londo, England: Sage.
- Thomas, A., Tazouti, Y., Hoareau, L., Luxembourger, C., Hubert, B., Fischer, J.P., & Jarlégan, A. (en révision). Development of a French-language early literacy scale: Structural analysis and links between the dimensions of early literacy. *Journal of Research in Reading*.
- Thomas, A., Tazouti, Y., Hoareau, L., Luxembourger, C., Hubert, B., Fischer, J.P., & Jarlégan, A (soumis). Early Numeracy Assessment in French Preschool: structural analysis and links with children's characteristics. *International Journal of Early Years Education*
- Tulinayo, F., Ssentume, P. & Najjuma, R. (2018). Digital technologies in resource constrained higher institutions of learning: a study on students' acceptance and usability. *Int J Educ Technol High Educ*, 15, 36. <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0117-y>
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 39(2), 273-315.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of Technology Acceptance Model : Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186-204.
- Wang, F., Xie, H., Wang, Y., Hao, Y., An, J., and Chen, J. (2016). Using touchscreen tablets to help young children learn to tell time. *Front. Psychol.* 7:1800. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01800>
- Whitehurst, G. J., & Lonigan, C. J. (1998). Child development and emergent literacy. *Child development*, 69(3), 848-872. <https://doi.org/10.2307/1132208>
- Yelland, N. J. (2018). A pedagogy of multiliteracies: Young children and multimodal learning with tablets. *British Journal of Educational Technology*, 49(5), 847-858. <https://doi.org/10.1111/bjet.12635>
- Zipke, M. (2017). Preschoolers explore interactive storybook apps: the effect on word recognition and story comprehension. *Educ. Inf. Technol.* 22, 1695-1712. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9513-x>

Annexe 1.

Description des différentes compétences évaluées en littérature émergente

Compétences (Dimension)	Description
Connaissance des lettres	
1. Reconnaissance des lettres	Des lettres en écriture majuscule ou en écriture cursive ont été présentées aux enfants sous forme d'une matrice avec quatre réponses possibles. Les enfants devaient pointer celle qui est nommée par l'expérimentateur.
2. Dénommer oralement des lettres	Dans cette épreuve, une lettre était présentée à l'enfant et celui-ci devait donner le nom de la lettre.
3. Prononcer oralement le son des lettres	Dans cette épreuve, une lettre était présentée à l'enfant et celui-ci devait donner le son de la lettre.
Vocabulaire	
4. Reconnaître des mots courants	Cette épreuve évalue le vocabulaire en réception. Quatre images étaient présentées à l'écran sans être nommées. Il était demandé aux enfants de montrer l'image qui représente le mot-cible.
5. Dénommer des parties du corps	Dans cette épreuve de vocabulaire en production, les enfants devaient dénommer différentes parties du corps humain.
6. Fluence verbale sémantique	Dans cette épreuve, une catégorie sémantique était présentée à l'enfant et celui-ci devait donner le plus de noms associés dans un temps fixe de vingt secondes.
Conscience phonologique	
7. Enlever la syllabe de la fin du mot	Cette épreuve de conscience phonologique consistait dans la manipulation des syllabes en enlevant celles de la fin des mots.
8. Enlever la syllabe du début du mot	Cette épreuve de conscience phonologique consistait dans la manipulation des syllabes en enlevant celles du début des mots.
9. Inverser les syllabes d'un mot	Cette épreuve de conscience phonologique consistait dans la manipulation des syllabes en inversant les syllabes des mots.
10. Identifier des rimes	Une dernière épreuve de conscience phonologique était une tâche de détection de l'intrus, il s'agissait d'identifier le mot qui ne rime avec les autres.
Comprehension	
11. Comprendre des consignes simples	Dans cette épreuve de compréhension des consignes simples l'expérimentateur demandait aux enfants de montrer l'élément de l'image correspondant aux informations données dans la consigne (par exemple : montre-moi le bus le plus long ?).
12. Comprendre des consignes organisation spatiale XXX	
13. Comprendre des textes courts	Dans cette épreuve de compréhension de texte lu, l'expérimentateur lisait aux enfants une histoire courte et leur posait par la suite des questions sur des éléments explicites de l'histoire (personnages, événements...).
14. Comprendre des inférences à partir de textes courts	Dans cette dernière épreuve de compréhension l'expérimentateur lisait aux enfants une histoire et leur posait par la suite des questions sur des éléments implicites de l'histoire. Cette épreuve concernait l'inférence à partir d'un texte lu.

Annexe 2.

Description des différentes compétences évaluées en numératie émergente

Compétence	Description
1. Reconnaissance des chiffres	Des chiffres ou nombres sont présentés à l'enfant sous forme d'une matrice avec six réponses possibles. L'enfant doit pointer celui qui est nommé par l'expérimentateur.
2. Dénommer des chiffres / nombres	Des chiffres ou nombres sont présentés à l'enfant un seul à la fois. L'enfant doit dire quel était le nombre ou le chiffre.
3. Acquisition de la chaîne numérique	L'expérimentateur demande à l'enfant de compter aussi loin qu'il le peut. La tâche est arrêtée lorsqu'un enfant a fait une erreur ou a correctement compté jusqu'à 42 sans commettre d'erreur.
4. Dénombrement d'une collection	Dans cette épreuve, l'expérimentateur demande à l'enfant de compter des animaux présentés dans des images comportant un ensemble de 4, 6 ou 12. Les animaux sont disposés soit dans un ordre linéaire soit dans un ordre aléatoire. L'enfant reçoit un point pour chaque série s'il a correctement compté la collection.
5. Cardinalité	Pour chaque item de l'épreuve de dénombrement d'une collection, l'enfant doit indiquer combien il y a d'animaux en tout dans chaque image. L'enfant reçoit un point pour chaque bonne réponse correspondant à l'acquisition du principe cardinal. Sans recomptage de l'ensemble.
6. Estimation comparative	Il s'agit de comparer deux collections de points de taille identique ou de collections où les points diffèrent également par leur taille ou leur hauteur. Ce qui est évalué ici est la capacité d'estimer approximativement des quantités sans recours au comptage.
7. Subitizing	L'expérimentateur présente à l'enfant un ensemble de points (de 1 à 6) de manière linéaire et non linéaire pendant une demi seconde. L'enfant doit indiquer le nombre exact de points.
8. Correspondre nombres/collections	L'enfant doit appairer un chiffre (ou nombre) à la bonne collection d'objets.
9. Correspondre collections/nombres	Dans cette épreuve l'enfant doit appairer une collection au bon chiffre (ou nombre)
10. Problèmes verbaux	L'expérimentateur présente à l'enfant oralement des problèmes à histoire qui ne contenaient pas de distracteurs. L'enfant doit ensuite apporter une réponse à la question posée. Ces problèmes à histoire correspondaient à des problèmes d'addition ou de soustraction simples.
11. Sériation des nombres	Dans cette épreuve, l'enfant doit ranger dans l'ordre une ou plusieurs cartes représentant des nombres dans une série ordonnée.

Discussion

Le projet LINUMEN avait pour but de proposer un dispositif numérique à disposition des enseignants de maternelle afin de développer les compétences en LE et NE des enfants d'âge préscolaire. Ce dispositif est une application éducative sur tablette numérique nommée AppLinou. Cette thèse s'intéresse à la co-conception de cette application ainsi qu'à l'évaluation de son acceptation par les enseignants lors de l'expérimentation. La co-conception et l'expérimentation se sont déroulées en deux phases consécutives. Elles ont servi à répondre à des objectifs de recherche qui sont abordés dans cette discussion.

5.1 La co-conception de l'application AppLinou

Dans un premier temps, l'équipe du projet LINUMEN est entrée dans une phase de co-conception. Dans cette phase, les différents acteurs du projet (enseignants-chercheurs, doctorants, acteurs éducatifs et ingénieurs informatiques) ont collaboré pour développer l'application AppLinou. Dans un premier temps, les objectifs étaient de définir le cadre théorique de co-conception puis, dans un second temps, de participer, de décrire et d'analyser les différentes étapes de la co-conception.

5.1.1 Cadre théorique de la co-conception

Le développement d'une application éducative permettant un apprentissage durable nécessite de se baser sur des connaissances issues des théories de l'apprentissage (Hirsh-Pasek et al., 2015). Ainsi, un examen de la littérature a été fait en premier lieu afin d'établir des points clefs de développement de l'application AppLinou. Ces derniers se basent sur les quatre piliers des apprentissages proposés par Hirsh-Pasek et al. (2015) exposant qu'une application doit proposer un contenu dont l'objectif d'apprentissage est explicite pour l'enfant, mais répond aussi à des principes pédagogiques. Ces principes sont : l'implication active de l'enfant dans la tâche (apprentissage actif), l'engagement de l'enfant dans la tâche (engagement), la mise en lien entre la tâche et le monde réel (mise en sens) et les échanges avec d'autres individus pendant la tâche (interaction sociale). Ces principes pédagogiques sont retrouvés dans les travaux issus de la recherche dans le champ de l'EEP (Entertainment Education Paradigm,

Singhal & Rogers, 2002) qui s'intéresse spécifiquement à l'incorporation de messages éducatifs dans du contenu divertissant. Par ailleurs, Kirschner et al. (2006) mettent l'accent sur l'importance de l'étayage à travers des instructions guidées directes dans la compréhension des élèves. Via la tablette numérique, cet étayage peut être proposé à travers des feedbacks qui vont guider l'enfant dans ses apprentissages. Les feedbacks donnent une réponse instantanée aux actions de l'enfant lorsqu'il utilise l'application et lui permet ainsi de travailler en autonomie. Cette autonomie est possible car les enfants d'âge préscolaire sont capables de comprendre des consignes vidéo données en amont pour expliquer le principe d'un exercice sur tablette numérique (Hiniker et al., 2015). Dans AppLinou, ces consignes sont données par la mascotte Linou. Les interactions avec une figure virtuelle font partie des recherches dans le champ de l'interaction parasociale (Giles, 2002). Bien que les travaux soient peu nombreux, les mascottes auraient une influence dans les médias éducatifs en faveur des apprentissages (Putnam et al., 2018 ; Richards & Calvert, 2017).

Cependant, les connaissances pour favoriser un apprentissage significatif grâce à une application éducative ne sont pas suffisantes pour développer une application. Il est nécessaire d'entrer dans une phase de développement. Kucirkova (2016) remarque que les chercheurs s'impliquent peu dans une démarche de collaboration avec d'autres acteurs tels que les enseignants et les ingénieurs informatiques. C'est pour cela qu'elle a créé son modèle de l'iRPD sur lequel nous sommes basés pour définir notre dynamique de collaboration. Cette démarche de développement participatif est déjà utilisée en dehors du domaine de l'éducation et a pour but favoriser l'utilisabilité, l'acceptabilité et l'efficacité du produit final en impliquant l'utilisateur (Simonsen & Robertson, 2012).

5.1.2 Les étapes de la co-conception

La démarche de collaboration a permis d'échanger des points de vue entre les connaissances théoriques apportées par les enseignants-chercheurs, les connaissances pratiques apportées par les acteurs éducatifs, et les connaissances techniques apportées par les ingénieurs informatiques. Le fruit de cette collaboration est présenté dans l'article 1.

L'échange entre l'équipe pluricatégorielle de co-conception a permis de dégager cinq principes qui ont présidé l'élaboration de notre application : 1° Une adéquation aux programmes de l'école maternelle ; 2° Une progression en cinq périodes du début de la Moyenne Section (MS) à la fin de la Grande Section (GS) ; 3° Une ergonomie adaptée aux enfants et favorisant leur autonomie ; 4° Un aspect ludique à travers des activités variées et la présence d'une mascotte et 5° Des plus-values pédagogiques.

Ces principes ont été suivis pour l'élaboration de AppLinou lors des échanges et réunions en équipe. Cependant, dans cette collaboration, les ingénieurs informatiques ont été engagés pour donner suite à un appel d'offre et ne sont ainsi pas engagés dans le projet de la même manière que les autres membres de l'équipe. De ce fait, ils n'ont été impliqués que tardivement dans la démarche de co-conception. Leurs principaux interlocuteurs étaient l'équipe des enseignants-chercheurs ainsi que des doctorants. Les échanges directs avec l'entièreté de l'équipe de co-conception ne fut possible que lors d'un workshop. Le travail sur le projet LINUMEN se fait en parallèle des autres activités professionnels de chacun. Il était difficile de proposer des rencontres régulières, et tous ne pouvaient pas être toujours présents. Les réunions pour travailler sur les activités étaient de deux après-midi par mois.

Des contraintes de temps et d'argent sont aussi à prendre en compte. Malgré les idées innovantes, les contraintes matérielles ont obligé l'équipe de co-conception à faire des choix de développement et restreindre les fonctionnalités de l'application. Par exemple, nous aurions aimé des feedbacks interactifs riches, mais ceux-ci demandent des compétences informatiques nécessitant plus de temps et de moyens.

De ce fait, nous pouvons dire que la démarche de collaboration entre différents acteurs est à encourager. Cependant, elle ne garantit pas un développement sans difficultés. Le développement reste dépendant des ressources techniques et matérielles que l'équipe peut mettre en œuvre.

À la suite de la phase de co-conception, nous sommes entrés dans une phase d'expérimentation. Le travail s'est alors centré sur l'acceptance de l'application AppLinou par

les enseignants du groupe expérimental. Nous nous sommes attachés à répondre à trois questions :

5.2 Acceptance de l'application

Lors de la phase d'expérimentation le travail de thèse s'est intéressé à l'acceptance de l'application APPLINO par les enseignants. Un outil d'évaluation a été élaboré en circonstances, et celui-ci a permis de définir des variables modérant l'acceptance de l'application par les enseignants. De plus, nous avons repéré que cette acceptance est corrélée aux performances des enfants lors de l'utilisation de l'application AppLinou.

5.2.1 Outil d'évaluation de l'acceptance de l'application AppLinou des enseignants dans le cadre LINUMEN

Le concept d'acceptance peut être globalement défini par les facteurs en jeu lors du choix d'adopter ou non un outil numérique lorsqu'il est déjà présent et utilisé dans un environnement donné. Cependant, cette définition a évolué avec le temps et divers approches théoriques possèdent leur propre vision de ce qu'est l'acceptance en se focalisant soit sur l'expérience utilisateur, soit sur la dimension socio-psychologique, ou autres (Alexandre, et al. 2018). De plus, les études de l'acceptance dans le milieu de l'éducation nécessitent des outils adaptés au contexte et à l'outil particulier, ajoutant ainsi des variables aux questionnaires standard (Granić & Marangunić, 2019). Des manques existent cependant dans ces études. Il y a par exemple moins de travaux sur le niveau préscolaire. La plupart des études se focalisent plus particulièrement sur le contexte des études supérieures et ciblent les étudiants (Al-Emran et al., 2018). L'originalité de cette thèse est qu'elle s'intéresse au contexte des apprentissages au niveau de la maternelle, mais aussi qu'elle questionne les enseignants et non pas les élèves.

Dans l'article 2, nous avons mis en lien les croyances des enseignants sur le numérique ainsi que l'acceptance de l'application AppLinou. L'outil de mesure de l'acceptance a été validé dans cet article et montre que les enseignants ont une bonne acceptance de AppLinou. Cependant, cette valeur de l'acceptance peut se retrouver modérée par certaines variables.

5.2.2 Variables modératrices de l'acceptance de l'application par les enseignants

Avec l'article 2, l'étude a pu montrer d'une part que l'ancienneté des enseignants ainsi que les caractéristiques de leur lieu d'exercice sont des facteurs déterminants de leurs croyances concernant le numérique. D'autre part, les enseignants qui exercent dans des établissements avec des difficultés scolaires et sociales (écoles REP) croient moins aux effets bénéfiques du numérique pour les élèves. Pour le questionnaire d'acceptance, les résultats montrent que les enseignants utilisant l'application AppLINOÛ ont un score d'acceptance au-dessus de la moyenne, ce qui veut dire que l'application AppLINOÛ est bien acceptée. D'autre part, les caractéristiques du lieu d'exercice se sont révélées ici aussi des facteurs déterminants. Les enseignants qui exercent en REP ont des scores moins élevés aux dimensions d'acceptance que ceux qui exercent en dehors des REP. Les effets du lieu d'exercice semblent plus élevés pour ce qui est du facteur d'utilisabilité. A notre connaissance ce dernier résultat est nouveau et mérite d'être confirmé par des futures recherches.

5.2.3 Liens entre l'acceptance de l'application éducative par les enseignants et les apprentissages des élèves en LNE

Dans l'article 3, nous nous sommes intéressés aux liens entre l'acceptance d'AppLinou par les enseignants et les progrès des élèves en LE et en NE. A notre connaissance, il n'existe que peu d'études mettant en lien l'acceptance d'un outil par les enseignants et les performances des élèves, notamment au préscolaire. Pourtant des chercheurs comme Nagy (2018) suggèrent que l'acceptance influe sur l'usage d'un outil et, plus on utilise un outil, plus les performances sont entraînées. Ce modèle semble être confirmé par notre étude. Des analyses multiniveaux montrent que parmi les variables de niveau 2, le score à la sous-dimension « utilisabilité » de l'acceptance a un effet significatif sur le score au post-test en LE et en NE. Ce résultat mérite d'être étudié plus en détails dans de prochaines études.

5.3 Limites et perspectives

Le travail de thèse a rempli ses objectifs, cependant les résultats que nous avons obtenus et les conclusions que nous en tirons sont à prendre avec du recul. Ils nous permettent aussi d'envisager des perspectives de recherches futures.

5.3.1 Phase de co-conception

Durant cette phase, nous pensons que l'application aurait pu présenter de meilleures qualités si l'équipe de co-conception était complète dès le début et si plus de temps et de moyens avaient été à disposition. Une équipe de co-conception complète suggère une implication plus importante des ingénieurs informatiques, mais aussi plus tôt. Plus de moyens suggère assez de ressources pour payer les ingénieurs informatiques et garantir la présence de fonctionnalités avancées dans l'application. Cependant, les contraintes se sont présentées car nous avons une fenêtre de temps restreinte étant donné que le projet LINUMEN avait déjà un calendrier établi.

De ce fait, par faute de moyens, même si AppLinou possède certaines qualités pédagogiques, elle mériterait d'inclure d'autres fonctionnalités comme par exemple : plus de feedbacks pour aider l'enfant, une individualisation des exercices pour les élèves en fonction de leurs profils et difficultés ou facilités, des moyens de personnalisation pour l'enseignant, des moyens pour l'enseignant de suivre les progrès des élèves. Cela pourrait se présenter sous forme d'un tableau de bord. Ces fonctionnalités sont aussi des demandes de la part des enseignants ayant testé l'application. Lors des formations, des entretiens ainsi que des documents ont été produits afin de recueillir leurs impressions et expériences avec AppLinou. De même un ensemble toutes les traces informatiques laissées par les élèves lors de l'utilisation ont été collectées. Ces données vont être analysées et serviront également pour proposer une version 2.0 de l'application.

Cette thèse a aussi montré l'importance de prendre en compte une dynamique de collaboration dans la recherche. Il serait important de développer cette démarche de co-conception pour le développement de futurs outils numériques

5.3.2 Phase expérimentale

Notre étude est liée au projet LINUMEN auquel les enseignants affiliés pour la phase d'expérimentation ont donné leur accord pour la mise en place du dispositif. Leur engagement volontaire peut être un biais quant à nos résultats et ne reflète pas la réalité du terrain où les

outils numériques peuvent être imposés. Le modèle des 4A révisé par Bauchet et al. (2020) argumente que l'acceptance et l'appropriation d'un outil sont aussi dépendants du contexte d'intégration. Lorsque l'individu se situe dans une structure institutionnelle telle que l'École, l'intégration des outils numériques est le plus souvent imposée. Cela implique qu'un outil peut être utilisé bien qu'il ne soit pas accepté. Prendre en compte ce point lors des prochaines recherches sur l'acceptance pourrait être intéressant afin d'apporter des informations supplémentaires à la compréhension de l'acceptance dans un contexte scolaire. Par ailleurs, nous nous sommes focalisés sur la mesure de l'acceptance des enseignants dans cette étude. Cependant, il serait intéressant de la confronter à l'acceptance des élèves. Nous aurions voulu faire des entretiens et des observations avec les enfants pour aussi questionner leur acceptance de l'outil. L'étude de l'acceptance chez les enfants d'âge préscolaire est peu commune car la mesure par questionnaire (méthode la plus répandue) est difficile pour cette tranche d'âge. Par ailleurs, notre mesure de l'acceptance des enseignants a été évaluée à partir d'un questionnaire. Des observations écologiques dans le contexte de la classe auraient aussi pu apporter des informations complémentaires pour la compréhension du phénomène.

Les résultats que nous avons trouvés concernant les liens entre l'acceptance de l'outil et la performance des élèves sont prometteurs. Il serait ainsi intéressant d'approfondir les recherches à ce sujet et envisager les impacts potentiels de l'acceptance sur les individus et leur relation avec l'outil étudié.

Conclusion

Ce travail de thèse nous a ainsi permis d'apporter des connaissances supplémentaires sur l'acceptance dans le milieu scolaire. Cet apport est d'autant plus important car il étudie des problématiques peu abordées dans la littérature : le niveau de l'école maternelle et l'acceptance du numérique par les enseignants et non les apprenants. Il nous a permis de voir l'importance de la collaboration, mais aussi comment celle-ci peut être difficilement mise en place dans un contexte réel avec des objectifs à atteindre et des contraintes à la fois temporelles et matérielles. Nous avons aussi pu découvrir au niveau de l'acceptance que des caractéristiques des enseignants pouvaient l'influencer. La variable importante à prendre en compte semble être le lieu d'exercice de l'enseignant. De plus, notre étude montre que l'acceptance des enseignants

est corrélée aux progrès des élèves. Ces découvertes sont ainsi à explorer plus en profondeur dans des études futures afin de mieux comprendre le concept de l'acceptance d'outils numériques dans le contexte de l'école. Ces recherches permettront de faire avancer le développement de ces outils afin de proposer des alternatives variées en faveur de l'apprentissage des élèves.

Bibliographie

- Åberg, E., Lantz-Andersson, A., & Pramling, N. (2014). 'Once upon a time there was a mouse': Children's technology-mediated storytelling in preschool class. *Early Child Development and Care*, 184(11), 1583-1598. <https://doi.org/10.1080/03004430.2013.867342>
- Académie des sciences. (2019, avril). *L'enfant, l'adolescent, la famille et les écrans : Appel à une vigilance raisonnée sur les technologies numériques*. https://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/appel_090419.pdf
- Ahearne, C., Dilworth, S., Rollings, R., Livingstone, V., & Murray, D. (2016). Touch-screen technology usage in toddlers. *Archives of Disease in Childhood*, 101(2), 181-183. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2015-309278>
- Al-Emran, M., Elsherif, H. M., & Shaalan, K. (2016). Investigating attitudes towards the use of mobile learning in higher education. *Computers in Human Behavior*, 56, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.033>
- Al-Emran, M., Elsherif, H. M., & Shaalan, K. (2018). Technology Acceptance Model in M-learning context: A systematic review. *Computers & Education*, 125, 389-412. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.008>
- Alexandre, B., Reynaud, E., Osiurak, F., & Navarro, J. (2018). Acceptance and acceptability criteria: a literature review. *Cognition, Technology & Work*, 20, 165-177. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0459-1>
- Alluin, F. (2010, octobre). *Les technologies de l'information et de la communication (TIC) en classe au collège et au lycée : éléments d'usages et enjeux* (publication n°197). Ministère de l'Éducation National. <https://www.education.gouv.fr/les-technologies-de-l-information-et-de-la-communication-tic-en-classe-au-college-et-au-lycee-41159>
- Almaiah, M. A., Jalil, M. A., & Man, M. (2016). Extending the TAM to examine the effects of quality features on mobile learning acceptance. *Journal of Computers in Education*, 3(4), 453-485. <https://doi.org/10.1007/s40692-016-0074-1>
- Alomary, A. & Woollard, J. (2015). *How Is Technology Accepted by Users? A Review of Technology Acceptance Models and Theories* [communication orale]. IRES 17th International Conference, London, United Kingdom. <https://eprints.soton.ac.uk/382037/>
- Amadiou, F. et Tricot, A. (2014). *Apprendre avec le numérique: Mythes et réalités*. RETZ Edition : Paris.
- American Academy of Pediatrics (1999). Media Education. *Pediatrics*, 104(2), 341-343. <https://doi.org/10.1542/peds.104.2.341>
- American Academy of Pediatrics (2011). Media Education (revised policy). *Pediatrics*, 126 (5) 1012-1017. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-1636>
- American Academy of Pediatrics (2016). Media and Young Minds. *Pediatrics*, 138 (5), e20162591. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-2591>
- Anthony, J. L., Williams, J. M., McDonald, R., & Francis, D. J. (2007). Phonological processing and emergent literacy in younger and older preschool children. *Annals of dyslexia*, 57(2), 113.
- Auffray, C. (2017). *Chiffres clés : le marché des tablettes*. Zdnet. <http://www.zdnet.fr/actualites/chiffres-cles-le-marche-des-tablettes-39789571.htm>

- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M., & Nurmi, J. (2004). Developmental dynamics of math performances from preschool to Grade 2. *Journal of Educational Psychology*, 96, 699 - 713. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.699>
- Avila, E. C. & Lavadia, M. K. S. (2019). Investigation of the Acceptability and Effectiveness of Academic Podcasts to College Students' Scholastic Performance in Science. *Indian Journal of Science and Technology*, 12(34), 1-8. <https://doi.org/10.17485/ijst/2019/v12i34/127382>
- Bach, J.F, Houdé, O., Léna, P. & Tisseron, S. (2013). *L'enfant et les écrans, un avis de l'Académie des Sciences*. Paris : Le Pommier.
- Barcenilla, J., & Bastien, J.M.C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ?. *Le Travail Humain*, 72, 311-331. <https://doi.org/10.3917/th.724.0311>
- Bauchet, C., Hubert, B. & Dinet, J. (2020, 8-9 octobre). *Entre acceptabilité et appropriation des outils numériques intégrés dans le système éducatif : Le modèle des 4A* [communication]. 13e Colloque International du Réseau Interuniversitaire de PSYchologie du DEVEloppement et de l'Education (RIPSYDEVE), Nancy, France.
- Bebell, D., & Kay, R. (2010). One to one computing: A summary of the quantitative results from the berkshire wireless learning initiative. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 9(2), 5-59.
- Berkowitz, T., Schaeffer, M. W., Maloney, E. A., Peterson, L., Gregor, C., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015). Math at home adds up to achievement in school. *Science*, 350, 196-198. <http://dx.doi.org/10.1126/science.aac7427>
- Bianco, M., Bressoux, P., Doyen, A.-L., Lambert, E., Lima, L., Pellenq, C., & Zorman, M. (2010). Early Training in Oral Comprehension and Phonological Skills : Results of a Three-Year Longitudinal Study. *Scientific Studies of Reading*, 14(3), 211-246. <https://doi.org/10.1080/10888430903117518>
- Birch, D., & Burnett, B. (2009). *Advancing e-learning policy and practice: Influences on academics' adoption, integration and development of multimodal e-learning courses. Institutional transformation through best practices in virtual campus development: Advancing e-learning policies*. United States: IGI Global.
- Blum-Ross, A. & Livingstone, S. (2016). *Families and screen time: Current advice and emerging research. Media Policy Brief 17*. London : Media Policy Project, London School of Economics and Political Science.
- Blum-Ross, A. (2016, 26 Octobre). *When parents choose 'screen time' – Real lives behind the new AAP guidelines*. <http://blogs.lse.ac.uk/parenting4digitalfuture/2016/10/26/when-parents-choose-screen-time/>.
- Bobillier-Chaumon, M.E., & Dubois, M. (2009). L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ?. *Le Travail Humain*, 72(4), 355-382. <https://doi.org/10.3917/th.724.0355>
- Bosc-Miné, C. (2014). Caractéristiques et fonctions des feed-back dans les apprentissages. *L'Année Psychologique*, 114(02), 315-353. <https://doi.org/10.4074/s000350331400205x>
- Boujol, L. (2014). *Étude de cas sur l'usage pédagogique des tablettes tactiles en enseignement primaire* [Mémoire de Master, Université de Genève]. Adjectif. <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article301>
- Briquet-Duhazé, S., & Rezrazi, A. (2014). Résultat d'un entraînement en conscience phonologique chez des élèves en difficultés de lecture au cycle 3. *Enfance*, 2014(02), 119-134. <https://doi.org/10.4074/S0013754514002018>

- Catts, H. W., Fey, M. E., Zhang, X., & Tomblin, J. B. (2001). Estimating the risk of future reading difficulties in kindergarten children. *Language, speech, and hearing services in schools*, 32(1), 38-50.
- Catts, H. W., Nielsen, D. C., Bridges, M. S., Liu, Y. S., & Bontempo, D. E. (2015). Early identification of reading disabilities within an RTI framework. *Journal of learning disabilities*, 48(3), 281–297. <https://doi.org/10.1177/0022219413498115>
- Charvet, P. (2007) *La politique de l'Union européenne en matière d'éducation et de formation. Revue internationale d'éducation de Sèvres*, 46, 11-14. <https://doi.org/10.4000/ries.280>
- Chera, P., & Wood, C. (2003). Animated multimedia “talking books” can promote phonological awareness in children beginning to read. *Learning and Instruction*, 13, 33-52.
- Chetty, R., Friedman, J. N., Hilger, N., Saez, E., Schanzenbach, D.W. & Yagan, D. (2011). How does your kindergarten classroom affect your earnings? Evidence from Project STAR. *Quarterly Journal of Economics*, 126(4), 1593-1660.
- Ching, C., Wang, X. C., Shih, M. L., & Kedem, Y. (2006). Digital photography and journals in a kindergarten-first-grade classroom: Toward meaningful technology integration in early childhood education. *Early Education & Development*, 17(3), 347–371. https://doi.org/10.1207/s15566935eed1703_3
- Cho, V., & Littenberg-Tobias, J. (2016). Digital devices and teaching the whole student: developing and validating an instrument to measure educators’ attitudes and beliefs. *Educational Technology Research and Development*, 64, 643-659.
- Chory-Assad, R. M. & Yanen, A. (2005). Hopelessness and Loneliness as Predictors of Older Adults' Involvement With Favorite Television Performers. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 49(2). p.182-201. https://doi.org/10.1207/s15506878jobem4902_3
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2004). Learning trajectories in mathematics education. *Mathematical Thinking and Learning*, 6, 81–89.
- Cohen, J. (1999). Favorite characters of teenage viewers of Israeli serials. *Journal of Broadcasting and Electronic Media*, 43, 327-345.
- Collet, M., Gagnière, B., Rousseau, C., Chapron, A., Fiquet, L. & Certain, C. (2020). L'exposition aux écrans chez les jeunes enfants est-elle à l'origine de l'apparition de troubles primaires du langage ? Une étude cas-témoins en Ile-et-Vilaine. *Bulletin Epidémiologique hebdomadaire*, 1, 2-9. http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/1/2020_1_1.html
- Collignon, A. & Schöpfel, J. (2016). Méthodologie de gestion agile d'un projet. Scrum – les principes de base. *I2D – Information, données & documents*, volume 53(2), 12-15. <https://doi.org/10.3917/i2d.162.0012>
- Crahay, M. (2007). Feedback de l'enseignement et apprentissage des élèves : revue critique de la littérature de recherche. Dans Allal L. et Mottier-Lopez L. (dir.), *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation* (p. 45-70). De Boeck.
- Cristia, A. & Seidl, A. (2015). Parental Reports on Touch Screen Use in Early Childhood. *PLoS ONE*, 10(6), e0128338. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128338>
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38, 475-487. <https://doi.org/10.1006/imms.1993.1022>
- De Jong, M., & Bus, A. (2004). The efficacy of electronic books in fostering kindergarten children’s emergent story understanding. *Reading Research Quarterly*, 39, 378-393.
- De Muth, J. E., & Bruskiwitz, R. H. (2006). A comparison of the acceptability and effectiveness of two methods of distance education: CD-ROM and audio

- teleconferencing. *American journal of pharmaceutical education*, 70(1), 11. <https://doi.org/10.5688/aj700111>
- Delone, W. H. & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9-30. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>
- Dibble, J. L. & Rosaen, S. F. (2011). Parasocial Interaction as More Than Friendship: Evidence for Parasocial Interactions With Disliked Media Figures. *Journal of Media Psychology*, 23(3), 122-132. <https://doi.org/10.1027/1864-1105/a000044>
- Donker, A., & Reitsma, P. (2007). Aiming and clicking in young children's use of the computer mouse. *Computers in Human Behavior*, 23(6), 2863-2874.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... Duckworth, K. (2007). School Readiness and Later Achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446.
- Eduscol. (2015). *Tablette tactile et enseignement*. <http://eduscol.education.fr/numerique/dossier/apprendre/tablette-tactile>
- Eduscol. (2019). *L'enquête PROFETIC sur les pratiques numériques des enseignants*. <https://eduscol.education.fr/cid60867/l-enquete-profetic.html>
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E. & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59, 423-435.
- Felder, E., Fauler, M. & Geiler, S. (2013). Introducing e-learning/teaching in a physiology course for medical students: acceptance by students and subjective effect on learning. *Advances in physiology education*, 37(4), 337-342. <https://doi.org/10.1152/advan.00158.2012>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Flewitt, R., Messer, D., & Kucirkova, N. (2014). New directions for early literacy in a digital age: The iPad. *Journal of Early Childhood Literacy*, 15(3), 289-310. <https://doi.org/10.1177/1468798414533560>
- Foon Hew, K. & Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational Technology Research and Development*, 55(3), 223-252.
- Foulin, J. N. (2005). Why is letter-name knowledge such a good predictor of learning to read? *Reading and writing*, 18(2), 129-155.
- Foulin, J. N. (2007). La connaissance des lettres chez les prélecteurs: aspects pronostiques, fonctionnels et diagnostiques. *Psychologie française*, 52, 431-444.
- Fridin, M. (2014). Storytelling by a kindergarten social assistive robot: A tool for constructive learning in preschool education. *Computers & Education*, 70, 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.043>
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Oxford, England: Harvard University Press.
- Gentilhomme, C., Miclo, E., Saccoccio, A. & Zieba, S. (2002). *Utiliser les TICE à l'école maternelle*. http://ien-montpellier-sud.ac-montpellier.fr/documents/ressources/TICEmaternelle/TICE_maternelle-1.PDF
- George, E. (2004). L'expression de fracture numérique en question. Dans E. Guichard (dir.), *Mesures de l'Internet* (p. 152-165). Paris : Editions des Canadiens en Europe.
- Giles, D. C. (2002). Parasocial interaction: A review of the literature and a model for future research. *Media Psychology*, 4, 279-302.

- Ginsburg, H. P. (1977). *Children's arithmetic: The learning process*. Oxford, England: Van Nostrand
- Ginsburg, H. P., & Baroody, A. J. (2003). *Test of early mathematics ability (3rd ed.)*. Austin, TX: Pro-Ed.
- Gjersoe, N. L., Hall, E. L. & Hood, B. (2015). Children attribute mental lives to toys when they are emotionally attached to them. *Cognitive Development*, 34, 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2014.12.002>
- Gola, A. A. H., Richards, M. N., Lauricella, A. R. & Calvert, S. L. (2013). Building Meaningful Parasocial Relationships Between Toddlers and Media Characters to Teach Early Mathematical Skills. *Media Psychology*, 16(4), 390-411. <https://doi.org/10.1080/15213269.2013.783774>
- Granić, A., & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2572-2593. <https://doi.org/10.1111/bjet.12864>
- Gray, J. H., Reardon, E. & Kotler, J. A. (2017). Designing for parasocial relationships and learning: linear video, interactive media, and artificial intelligence. In: *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*. ACM, 227-237. <https://doi.org/10.1145/3078072.3079736>
- Griffith, S. H., Hagan, M. B., Heymann, P., Heflin, B. H. & Bagner, D. M. (2020). Apps As Learning Tools : A systematic review. *Pediatrics*, 145(1).
- Guernsey, L. (2012). *Screen time: How electronic media - from baby videos to educational software - affects your young child*. New York, NY: Basic Books.
- Hardy, J. V. (2014). Teacher attitudes toward and knowledge of computer technology. *Computers in the Schools: Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research*, 13(3-4), 119-136.
- Hewes, J. (2010). Learning Through Play: A View from the Field. *Centre of Excellence for Early Childhood Development*, 1-6. <http://www.child-encyclopedia.com/sites/default/files/docs/perspectives/hewesangps.pdf>
- Hiniker, A., Sobel, K., Hong, S.R., Suh, H., Irish, I., Kim, D., Kientz, J.A. (2015). Touchscreen prompts for preschoolers: designing developmentally appropriate techniques for teaching young children to perform gestures. In: *IDC 2015*. Medford, MA, USA.
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J., Golinkoff, R., Gray, J., Robb, M., & Kaufman, J. (2015). Putting Education in "Educational" Apps: Lessons From the Science of Learning. *Psychological Science in the Public Interest*, 16(1), 3-34. <https://doi.org/10.1177/1529100615569721>
- Hooper, S. R., Roberts, J., Sideris, J., Burchinal, M., & Zeisel, S. (2010). Longitudinal predictors of reading and math trajectories through middle school for African-American versus Caucasian students across two samples. *Developmental Psychology*, 46, 1018-1029.
- Huang, S., Clark, N., & Wedel, W. (2013). Teaching tips: The use of an iPad to promote preschoolers' alphabet recognition and letter sound correspondence. *Practically Primary*, 18, 24-16.
- Huber, B., Tarasuik, J., Antoniou, M. N., Garrett, C., Bowe, S. J., Kaufman, J., et al. (2016). Young children's transfer of learning from a touchscreen device. *Comput. Human Behav.* 56, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.010>
- Huesmann, L. R., Moise-Titus, J., Podolski, C.-L. & Eron, L. D. (2003). Longitudinal Relations Between Children's Exposure to TV Violence and Their Aggressive and Violent Behavior in Young Adulthood: 1977-1992. *Developmental Psychology*, 39(2), 201-221. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.39.2.201>

- Hui, W., Hu, P., Clark, T., Tam, K., & Milton, J. (2008). Technology-assisted learning: A longitudinal field study of knowledge category, learning effectiveness, and satisfaction in language learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(3), 245-259.
- Ifenthaler, D., & Schweinbenz, V. (2013). The acceptance of tablet-PCs in classroom instruction: the teachers' perspectives. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 525-534. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2012.11.004>
- Inan, F., & Lowther, D. (2010). Laptops in K-12 classrooms: exploring factors impacting use. *Computers and Education*, 55, 937-944. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.04.0004>.
- Inaudi, A. (2017). École et numérique : une histoire pour préparer demain. *Hermès, La Revue*, 78(2), 72-79. <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2017-2-page-72.htm>.
- Jacquier-Roux, M., Lequette, C., Pouget, G., Valdois, S., Zorman, M. (2010). *BALE: Batterie Analytique du Langage Ecrit*. Grenoble : Laboratoire Cogni-Sciences.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45, 850 - 867.
- Judge, S., Floyd, K., & Jeffs, T. (2015). Using mobile media devices and apps to promote young children's learning. In K. L. Heider, & M. Renck Jalongo (Eds.), *Young children and families in the information age, educating the young child* (pp. 117-131). Dordrecht: Springer.
- Karemaker, A., Pitchford, N., & O'Malley, C. (2010). Enhanced recognition of written words and enjoyment of reading in struggling beginner readers through whole-word multimedia software. *Computers and Education*, 54(1), 199-208.
- Keller, J. (1983). Motivational design of instruction. In C. Reigeluth, (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status* (pp.386-434). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kendeou, P., van den Broek, P., White, M. J., & Lynch, J. S. (2009). Predicting reading comprehension in early elementary school: The independent contributions of oral language and decoding skills. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 765-778. <https://doi.org/10.1037/a0015956>
- Kendeou, P., van den Broek, P., White, M., & Lynch, J. (2007). Preschool and early elementary comprehension: Skill development and strategy interventions. In D. S. McNamara (Ed.) *Reading comprehension strategies: Theories, interventions, and technologies*, (pp. 27-45). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Khomsî, A. (2001). *Evaluation du Langage Oral*. Paris : ECPA.
- Kim, Y.-S., Otaiba, S. A., Puranik, C., Folsom, J. S., & Gruelich, L. (2014). The contributions of vocabulary and letter writing automaticity to word reading and spelling for kindergartners. *Reading and Writing*, 27(2), 237-253. <https://doi.org/10.1007/s11145-013-9440-9>
- King, W. R., & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information Management*, 43(6), 740-755. <https://doi.org/10.1016/j.im.2006.05.003>
- Kirkorian, H. L., Choi, K., and Pempek, T. A. (2016). Toddlers word learning from contingent and non-contingent video on touch screens. *Child Dev*, 87, 405-413. <https://doi.org/10.1111/cdev.12508>
- Kirkorian, H.L. & Pempek T.A. (2013). Toddlers and touch screens: Potential for early learning? *Zero to Three*, 33, 33-37.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based,

- experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75–86. http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kostryrka-Allchorne, K., Cooper, N. R., Simpson, A. (2017). The relationship between television exposure and children’s cognition and behaviour : A systematic review. *Developmental Review*, 44, 19-58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dr.2016.12.002>
- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Early development of quantity to number–word linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties: Findings from a four-year longitudinal study. *Learning and Instruction*, 19, 513–526.
- Kucirkova, N. (2016). iRPD - A framework for guiding design-based research for iPad apps. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 598-610. <https://doi.org/10.1111/bjet.12389>
- Kwok, K., Ghrear, S., Li, V., Haddock, T., Coleman, P., and Birch, S. A. J. (2016). Children can learn new facts equally well from interactive media versus face to face instruction. *Front. Psychol.* 7:1603. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01603>
- Kyriakides, A. O., Meletiou-Mavrotheris, M., & Prodromou, T. (2016). Mobile technologies in the service of students' learning of mathematics: The example of game application ALEX in the context of a primary school in Cyprus. *Mathematics Education Research Journal*, 28(1), 53e78.
- La Souris Grise. (2015). *Les usages des enfants sur tablettes : résultats de l’enquête Souris Grise*. <http://souris-grise.fr/les-usages-des-enfants-sur-tablettes-resultats-de-lenquete-souris-grise/>
- Lauricella, A. R., Barr, R., and Calvert, S. L. (2014). Parent–child interactions during traditional and computer storybook reading for children’s comprehension: implications for electronic storybook design. *Int. J. Child Comput. Interact*, 2, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2014.07.001>
- Liao, C., Palvia, P., & Chen, J.-L. (2009). Information technology adoption behavior life cycle: Toward a technology continuance theory (TCT). *International Journal of Information Management*, 29(4), 309-320.
- Lillard, A.S., Peterson, J. (2011). The immediate impact of different types of television on young children’s executive function. *Pediatrics*, 128(4), 644-649. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-1919>
- Limayem, M., Hirt, S. G. & Cheung, C. M. K. (2007). How habit limits the predictive power of intention : the case of information systems continuance. *MIS Quarterly*, 31(4), 705-737.
- Lonigan, C. J., & Shanahan, T. (2008). Executive Summary Developing Early Literacy: Report of the National Early Literacy Panel A Scientific Synthesis of Early Literacy Development and Implications for Intervention (pp. v-xii). In *Developing early literacy: Report of the national early literacy panel* (pp. 55-106). Washington, DC: National Institute for Literacy.
- Madigan, S., Browne, D., Racine, N., Mori, C. & Tough, S. (2019). Association Between Screen Time and Children’s Performance on a Developmental Screening Test. *JAMA Pediatrics*, 173(3), 244-250. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2018.5056>
- Mares, M.L., Sivakumar, G. & Stephenson, L. (2015). From Meta to Micro: Examining the Effectiveness of Educational TV. *American Behavioral Scientist*, 59(14), 1822-1846. <https://doi.org/10.1177/0002764215596555>
- Marquet, P. (2003). *L’impact des TIC dans l’enseignement et la formation : mesures, modèles et méthodes. Contribution à l’évolution du paradigme comparatiste des usages de l’informatique en pédagogie. Note de synthèse présentée en vue de l’obtention de*

- l'Habilitation à Diriger des Recherches*. pp. 117-119. Université Louis Pasteur : Strasbourg.
- Marsh, J. (2016). The digital literacy skills and competencies of children of pre-school age. *Media Education Studies and Research*, 7, 197–214.
- Marsh, J., Yamada-Rice, D., Bishop, J., Lahmar, J., Scott, F., Plowman, L., et al. (2015). *Exploring Play and Creativity in Pre-Schoolers' Use of Apps: Technology and Play*. Economic and Social Research Council. <http://www.techandplay.org/tap-media-pack.pdf>.
- Martin, J. (1992) Rapid Application Development. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Massonnié, J., Bianco, M., Lima, L., & Bressoux, P. (2019). Longitudinal predictors of reading comprehension in French at first grade : Unpacking the oral comprehension component of the simple view. *Learning and Instruction*, 60, 166–179. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.005>
- Mastafi, M. (2016). Définitions des TIC(E) et acception. Dans J. Bacha, S. B. Abid-Zarrouk, L. Kadi, A. Mabrouk (dir.), *Penser les TIC dans les universités du Maghreb*. Paris : L'Harmattan, 978-2-343-09902-6. (hal-02048883): HAL Id : hal-02048883.
- McCarrick, K., & Xiaoming, L. (2007). Buried treasure: The impact of computer use on young children's social, cognitive, language development and motivation. *AACE Journal*, 15(1), 73–95.
- Merchant (2015). Keep taking the tablets: iPads, story apps and early literacy. *Australian Journal of Language and Literacy*, 38, 3–11.
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2012, juin). *Enquête PROFETIC auprès de 6 000 enseignants du second degré : Rapport*. https://cache.media.eduscol.education.fr/file/ETIC_et_PROFETIC/88/0/profetic-2012-rapport_221880.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2017, décembre). *Enquête PROFETIC auprès de 5 000 enseignants du premier degré*. https://cache.media.eduscol.education.fr/file/ETIC_et_PROFETIC/51/2/PROFETIC_1_D_2017_rapport_complet_v0.15_1098512.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2018). *PROFETIC 2018 : connaître les pratiques numériques des enseignants*. Mediametrie. https://cache.media.eduscol.education.fr/file/ETIC_et_PROFETIC/51/8/Rapport_PROFETIC_2018_v8_1098518.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale. (s.d.). *Le numérique au service de l'École de la confiance*. <https://www.education.gouv.fr/le-numerique-au-service-de-l-ecole-de-la-confiance-3212>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (s.d.). *Le référentiel de compétences des métiers du professorat et de l'éducation*. <https://www.education.gouv.fr/le-referentiel-de-competences-des-metiers-du-professorat-et-de-l-education-5753>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (s.d.). *Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture*. <https://www.education.gouv.fr/le-socle-commun-de-connaissances-de-competences-et-de-culture-12512>
- Moeglin, P. (2005). *Outils et médias éducatifs : approche communicationnelle*. Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.
- Moody, A. (2010). Using electronic books in the classroom to enhance emergent literacy skills in young children. *Journal of Literacy and Technology*, 11(4), 22-52.

- Moreno, R. (2004). Decreasing cognitive load in novice students: Effects of explanatory versus corrective feedback in discovery-based multimedia. *Instructional Science*, 32, 99-113. <https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021811.66966.1d>
- Mortensen, M. J., & Vidgen, R. (2016). A computational literature review of the technology acceptance model. *International Journal of Information Management*, 26, 1248–1259. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.07.007>
- Mulet, J., Van de Leemput, C. & Amadiou, F. (2019). A Critical Literature Review of Perceptions of Tablets for Learning in Primary and Secondary Schools. *Educational Psychology Review*, 31, 631-662.
- Muter, V., Hulme, C., Snowling, M. J., & Stevenson, J. (2004). Phonemes, rimes, vocabulary, and grammatical skills as foundations of early reading development: evidence from a longitudinal study. *Developmental psychology*, 40(5), 665-681.
- Nagy, J. T. (2018). Evaluation of Online Video Usage and Learning Satisfaction: An Extension of the Technology Acceptance Model. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(1). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i1.2886>
- National Early Literacy Panel. (2008). Developing early literacy: Report of the National Early Literacy Panel. Washington, DC: National Institute for Literacy.
- National Mathematics Advisory Panel. (2008). Foundations for success: The final report of the National Mathematics Advisory Panel. Washington, DC: US Department of Education.
- National Research Council. (2009). Mathematics learning in early childhood: Paths toward excellence and equity. Washington DC: National Academies Press.
- Negro, I., & Genelot, S. (2009). Les prédicteurs en grande section maternelle de la réussite en lecture en fin de première année d'école élémentaire: l'impact du nom des lettres. *Bulletin de psychologie*, (3), 291-306.
- Neumann, M. M., & Neumann, D. L. (2014). Touch screen tablets and emergent literacy. *Early Childhood Education Journal*, 42, 231–239. <http://dx.doi.org/10.1007/s10643-013-0608-3>.
- Neumann, M. M., & Neumann, D. L. (2015). The use of touch screen tablets at home and pre-school to foster emergent literacy. *Journal of Early Childhood Literacy*, 17, 203–220. <http://dx.doi.org/10.1177/1468798415619773>
- Neumann, M. M., Finger, G., & Neumann, D. L. (2016). A conceptual framework for emergent digital literacy. *Early Childhood Education Journal*, 45, 471–479. <http://dx.doi.org/10.1007/s10643-016-0792-z>.
- Neumann, M.M. (2018). Using tablets and apps to enhance emergent literacy skills in young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 42, 239-246.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston: Morgan Kaufmann.
- Numérique. (s. d.). Dans *Dictionnaire Larousse en ligne*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/num%C3%A9rique/55253>
- Oakhill, J. V., Cain, K., & Bryant, P. E. (2003). The dissociation of word reading and text comprehension: Evidence from component skills. *Language and cognitive processes*, 18(4), 443-468.
- OCDE (2015), *Students, Computers and Learning : Making the Connection*, PISA, Éditions OCDE : Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>.
- Oliver, R. (1980). A Cognitive Model of the Antecedents and Consequences of Satisfaction Decisions. *Journal of Marketing Research*, 17(4), 460-469. <https://doi.org/10.2307/3150499>

- Outhwaite, L. A., Gulliford, A., Pitchford, N. J. (2017). Closing the gap: Efficacy of a tablet intervention to support the development of early mathematical skills in UK primary school children. *Computers & Education*, 108, 43-58.
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2018a). Educational apps from Android Google Play for Greek preschoolers : A systematic review. *Computer and Education*, 116, 139-160. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.007>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2018b). The effectiveness of computer and tablet assisted intervention in early childhood students' understanding of numbers. An empirical study conducted in Greece. *Education and Information Technologies*. 23, 1849–1871. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9693-7>
- Parish-Morris, J., Mahajan, N., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., and Collins, M. F. (2013). Once upon a time: parent–child dialogue and storybook reading in the electronic era. *Mind Brain Educ.* 7, 200–211. <https://doi.org/10.1111/mbe.12028>
- Patchan, M. M., & Puranik, C. S. (2016). Using tablet computers to teach preschool children to write letters: Exploring the impact of extrinsic and intrinsic feedback. *Comput. Educ.* 102, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.07.007>
- Pelletier, J., Reeve, R., & Halewood, C. (2006). Young children's knowledge building and literacy development through knowledge forum. *Early Education & Development*, 17(3), 323–346. https://doi.org/10.1207/s15566935eed1703_2
- Peraya, D., Viens, J. & Karsenti, T. (2002) Introduction : formation des enseignants à l'intégration pédagogique des TIC : esquisse historique des fondements, des recherches et des pratiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 28(2), 243-264. <https://doi.org/10.7202/007353ar>
- Persico, D., Manca, S. & Pozzi, F. (2014). Adapting the Technology Acceptance Model to evaluate the innovative potential of e-learning systems. *Computers in Human Behavior*, 30, 614-622.
- Piotrowski, J. T., and Krmar, M. (2017). Reading with hotspots: young children's responses to touchscreen stories. *Comput. Human Behav.* 70, 328–334. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.010>
- Piquard-Kipffer, A., & Sprenger-Charolles, L. (2013). Early predictors of future reading skills : A follow-up of French-speaking children from the beginning of kindergarten to the end of the second grade (age 5 to 8). *L'Année Psychologique*, 113(04), 491-521. <https://doi.org/10.4074/S0003503313014012>
- Pitchford, N. J. (2015). Development of early mathematical skills with a tablet intervention: a randomized control trial in Malawi. *Frontiers in Psychology*, 6:485. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00485>
- Plantard, P. (2016). Temps numériques et contretemps pédagogiques en Collège Connecté. *Distances et médiations des savoirs*, 16. <https://doi.org/10.4000/dms.1660>
- Poyet, F. (2016). Généralisation des usages des ENT dans l'enseignement secondaire en France : analyse diachronique (2009-2014). *STICEF*, 23, (2), 9-32. <https://doi.org/10.23709/sticef.23.2.1>
- Puranik, C. S., Petscher, Y., & Lonigan, C. J. (2013). Dimensionality and reliability of letter writing in 3- to 5-year-old preschool children. *Learning and Individual Differences*, 28, 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.06.011>
- Purpura, D. J., Baroody, A. J., & Lonigan, C. J. (2013). The transition from informal to formal mathematical knowledge: Mediation by numeral knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 105, 453–464.

- Putnam, M. M., Richmond, E. M., Brunick, K. L., Wright, C. A. & Calvert, S. L. (2018). Influence of a Character-Based App on Children's Learning of Nutritional Information: Should Apps Be Served with a Side of Media Characters? *Games for Health Journal*, 7(2), 121-126. <https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0116>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Rabiner, D. L., Godwin J. & Dodge, K. A. (2016). Predicting Academic Achievement and Attainment: The Contribution of Early Academic Skills, Attention Difficulties, and Social Competence. *School Psychology Review*, 45(2), 250-267.
- Ramus, F. (2019, 29 octobre). Les écrans ont-ils un effet causal sur le développement cognitif des enfants?. *Blogs pour la Science*. <http://www.scilogs.fr/ramus-meninges/les-ecrans-ont-ils-un-effet-causal-sur-le-developpement-cognitif-des-enfants/>
- Ramus, F. (2020, 14 janvier). Ecrans et troubles du langage : Ce que ne montre pas l'étude d'Ille-et-Villaine. *Blogs pour la Science*. <http://www.scilogs.fr/ramus-meninges/ecrans-et-troubles-du-langage/>
- Raven, J., & Raven, J. (2003). *Raven Progressive Matrices*. In R. S. McCallum (Ed.), *Handbook of nonverbal assessment* (p. 223–237). Kluwer Academic/Plenum Publishers. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0153-4_11
- Richards M.N., Calvert S.L. (2017) Media Characters, Parasocial Relationships, and the Social Aspects of Children's Learning Across Media Platforms. Dans Barr R., Linebarger D. (dir.), *Media Exposure During Infancy and Early Childhood* (p.141-163). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45102-2_9
- Roseberry, S., Hirsh-Pasek, K. & Golinkoff, R.M. (2014). Skype me! Socially contingent interactions help toddlers learn language. *Child Development*, 85(3), 956-970. <https://doi.org/10.1111/cdev.12166>
- Roskos, K., Burnstein, K., Shang, Y., & Gray, E. (2014). Young children's engagement with ebooks at school: Does device matter? *Sage Open*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.1177/2158244013517244>
- Rubin, A. M., & Perse, E. M. (1987). Audience activity and soap opera involvement: A uses and effects investigation. *Human Communication Research*, 14, 246-268.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: Learning trajectories for young children*. New York, NY: Routledge.
- Scarborough, H. S. (1998). Predicting the future achievement of second graders with reading disabilities: Contributions of phonemic awareness, verbal memory, rapid naming, and IQ. *Annals of Dyslexia*, 48(1), 115-136.
- Schacter, J., and Jo, B. (2016). Improving low-income preschoolers mathematics achievement with Math Shelf, a preschool tablet computer curriculum. *Comput. Human Behav.* 55, 223–229. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.09.013>
- Schade, J., & Schlag, B. (2003). Acceptability of urban transport pricing strategies. *Transportation Research Part F : Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1), 45-61. [https://doi.org/10.1016/s1369-8478\(02\)00046-3](https://doi.org/10.1016/s1369-8478(02)00046-3)
- Schatschneider, C., Fletcher, J. M., Francis, D. J., Carlson, C. D., & Foorman, B. R. (2004). Kindergarten prediction of reading skills: A longitudinal comparative analysis. *Journal of educational psychology*, 96(2), 265.
- Scherer, R. & Teo, T. (2019). Unpacking teachers' intentions to integrate technology: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 27, 90-109. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001>

- Scherer, R. & Teo, T. (2019). Unpacking teachers' intentions to integrate technology: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 27, 90-109. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001>
- Schlesinger, M. A., Flynn, R. M. & Richert, R. A. (2016). US preschoolers' trust of and learning from media characters. *Journal of children and media*, 10(3), 321-340. <http://dx.doi.org/10.1080/17482798.2016.1162184>
- Schroeder, E. L., and Kirkorian, H. L. (2016). When seeing is better than doing: Preschoolers' transfer of STEM skills using touchscreen games. *Front. Psychol.* 7:1377. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01377>
- Shahrimin, M. I., & Butterworth, D. M. (2001). Young children's collaborative interactions in a multimedia computer environment. *The Internet and Higher Education*, 4(3), 203-215. [https://doi.org/10.1016/S1096-7516\(01\)00068-9](https://doi.org/10.1016/S1096-7516(01)00068-9)
- Sheehan, K. J., & Uttal, D. H. (2016). Children's learning from touch screens: a dual representation perspective. *Frontiers in Psychology*, 7, 1220.
- Simonsen, J. & Robertson, T. (2012). *Routledge International Handbook of Participatory Design*. Routledge : London.
- Slavin, T. (2016, 30 Mai). *Is our screen-time anxiety more detrimental than screen time?* https://www.washingtonpost.com/news/parenting/wp/2016/05/30/is-our-screen-time-anxiety-more-detrimental-than-screen-time/?utm_term=.cb763ba6653d.
- Soffer, T. & Yaron, E. (2017). Perceived Learning and Students' Perceptions Toward Using Tablets for Learning: The Mediating Role of Perceived Engagement Among High School Students. *Journal of Educational Computing Research*, 55(7), 951-973. <https://doi.org/10.1177/0735633117689892>
- Sonia, A. & Brangier, E. (2013). Evolutions in the human technology relationship: rejection, acceptance and technosymbiosis. *IADIS International Journal*, 11(3), 44-60.
- Tablette électronique (2011). Dans *Office Québécois De La Langue Française*. http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26511772
- Tamana, S. K., Ezeugwu, V., Chikuma, J. Lefebvre, D. L., Azad, M. B., Moraes, T. J., Subbarao, P., Becker, A. B., Turvey, S. E., Sears, M. R., Dick, B. D., Carson, V., Rasmussen, C., Pei, J. & Mandhane, P.J. (2019). Screen-time is associated with inattention problems in preschoolers: Results from the CHILD birth cohort study. *PLoS ONE*, 14(4), e0213995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213995>
- Thevenot, P. (2015). *Nouveauté technologique et milieu professionnel : la tablette tactile et les acteurs de l'immobilier*. [Thèse de doctorat, Université de Lorraine]. http://docnum.univ-lorraine.fr/public/DDOC_T_2015_0014_THEVENOT.pdf
- Thomas, A., Tazouti, Y., Hoareau, L., Luxembourger, C., Hubert, B., Fischer, J.P., & Jarlégan, A. (soumis). Development of a French-language early literacy scale: Structural analysis and links between the dimensions of early literacy. *Journal of Research in Reading*.
- Van der Ven, F., Segers, E., Takashima, A. & Verhoeven, L. (2017). Effects of a tablet game intervention on simple addition and subtraction fluency in first graders. *Computers in Human Behavior*, 72, p.200-207. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.031>
- Van Nieuwenhoven, C., Noël, M-P. & Grégoire, J. (2001). *TEDI-MATH. Test diagnostique des apprentissages de base en mathématiques*. Paris : ECPA.
- Vandewater, E.A., Bickham, D.S. & Lee, J.H. (2006). Time well spent? Relating television use to children's free-time activities. *Pediatrics*, 117(2), 181-191. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-0812>

- Venkatesh, V. & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273-315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186-204.
- Venkatesh, V., Davis, F. D., & Morris, M. G. (2007). Dead or alive? The development, trajectory and future of technology adoption research. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 268-286. <https://doi.org/10.17705/1jais.00120>
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2016). Unified theory of acceptance and use of technology: A synthesis and the road ahead. *Journal of the Association for Information Systems*, 17(5), 328–376. <https://aisel.aisnet.org/jais/vol17/iss5/1>
- Verenikina, I., & Kervin, L. (2011). iPads, digital play and pre-schoolers. *He Kupu*, 2(5), 4-19.
- Vernadakis, N., Avgerinos, A., Tsitskari, E. & Zachopoulou, E. (2005). The use of computer assisted instruction in preschool education: making teaching meaningful. *Early Childhood Education Journal*, 33(2), 99-104. <https://doi.org/10.1007/s10643-005-0026-2>
- Vogel, J. J., Vogel, D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K., & Wright, M. (2006). Computer gaming and interactive simulations for learning: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34, 229-243. <https://doi.org/10.2190/FLHV-K4WA-WPVQ-H0YM>
- Voogt, J., & McKenney, S. (2008). Using ICT to foster pre-reading and writing skills in young children. *Computers in the Schools*, 24(3), 83–94. https://doi.org/10.1300/J025v24n03_06
- Vygotski, L.S. (1934). *Pensée et Langage* (traduit par F. Sève ; 3e éd.). La Dispute.
- Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological bulletin*, 101(2), 192.
- Wagner, R. K., Torgesen, J. K., & Rashotte, C. A. (1994). Development of reading-related phonological processing abilities: New evidence of bidirectional causality from a latent variable longitudinal study. *Developmental psychology*, 30(1), 73.
- Wang, F., Xie, H., Wang, Y., Hao, Y., An, J., and Chen, J. (2016). Using touchscreen tablets to help young children learn to tell time. *Front. Psychol.* 7:1800. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01800>
- Wartella, E., Schomberg, R., Lauricella, A., Robb, M., & Flynn, R. (2010). *Technology In the Lives of Teachers and Classrooms: Survey of Early Childhood Teachers and Childcare Providers*. Fred Rogers Center for Early Learning and Children’s Media.
- Wartella, E., Schomberg, R. L., Lauricella, A. R., Robb, M., & Flynn, R. (2010). *Technology in the lives of teachers and classrooms: Survey of classroom teachers and family child care providers*. Latrobe, PA: The Fred Rogers Center.
- Watlington, D. (2011). Using iPod touch and iPad educational apps in the classroom. In M. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Proceedings of Society for information technology & teacher education international conference 2011* (pp. 3112-3114). Chesapeake, VA: AACE.
- Webb, T. L. & Sheeran, P. (2006). Does changing behavioral intentions engender behavior change? A meta-analysis of the experimental evidence. *Psychological Bulletin*, 132(2), 249-268. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.2.249>
- Whitehurst, G. J., & Lonigan, C. J. (1998). Child development and emergent literacy. *Child development*, 69(3), 848-872.

- Wood, C., Pillinger, C., & Jackson, E. (2010). Understanding the impact of young readers' literacy interactions with talking books and during adult reading support. *Computers and Education*, 54(1), 190-198.
- Xie, H., Peng, J., Qin, M., Huang, X., Tian, F. & Zhou, Z. (2018). Can touchscreen devices be used to facilitate young children's learning ? A meta-analysis of touchscreen learning effect. *Frontiers in Psychology*, 9(2580).
- Yelland, N. J. (2018). A pedagogy of multiliteracies: Young children and multimodal learning with tablets. *British Journal of Educational Technology*, 49(5), 847-858. <https://doi.org/10.1111/bjet.12635>
- ZDNet. (2012). 117,1 millions de tablettes vendues en 2012, dont 60% d'iPad. <https://www.zdnet.fr/actualites/1171-millions-de-tablettes-vendues-en-2012-dont-60-d-ipad-39782694.htm>
- Zipke, M. (2017). Preschoolers explore interactive storybook apps: the effect on word recognition and story comprehension. *Educ. Inf. Technol.* 22, 1695–1712. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9513-x>

Annexe 1.

Développement et contenu de l'application AppLINO

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1. La phase de recherche

- 1.1. L'examen de la littérature scientifique
- 1.2. L'examen des applications disponibles
- 1.3. Élaboration et validation d'une grille pour évaluer les différentes applications
- 1.4. Détermination des points de vigilance pour créer notre application
 - 1.4.1. Adaptation aux programmes maternelle
 - 1.4.2. Progressivité sur cinq périodes de début de MS à la fin de GS
 - 1.4.3. Une ergonomie adaptée aux enfants et favorisant l'autonomie
 - 1.4.4. Qualités pédagogiques (annonce de l'objectif, *feedbacks*, étayage)
 - 1.4.5. L'auto-évaluation
 - 1.4.6. Aspect ludique
 - 1.4.7. Mascotte

2. La phase de co-conception

- 2.1. Création d'un outil pour l'élaboration des activités
- 2.2. Méthode de travail

3. La phase du développement informatique

- 3.1. Documents de spécification fournis au prestataire
- 3.2. Co-construction de l'application AppLINO en mode agile
- 3.3. Développement de la collecte des traces

4. Contenu de l'application (DA)

- 4.1. Mode d'emploi d'AppLINO
 - 4.1.1. Comment utiliser la valise de rechargement ? Comment connecter la borne WI-FI ?
 - 4.1.2. Comment se connecter à l'application ?
 - 4.1.3. Comment choisir un élève ?
 - 4.1.4. Comment choisir un domaine et un niveau ?
 - 4.1.5. Comment choisir une activité ?
- 4.2. Les fonctionnalités de l'application
 - 4.2.1. Le bouton « commencer »
 - 4.2.2. Après le début de l'activité
- 4.3. Quelle est l'utilité des modes « connecté » et « déconnecté » ?
- 4.4. Description des activités

INTRODUCTION

Nous étions confrontés au défi de créer une application adaptée aux enfants de l'école maternelle. Nous avons mis en place une heuristique en trois étapes : 1° une phase de recherche ; 2° une phase de co-conception et 3° une phase de développement informatique (cf. figure 1).

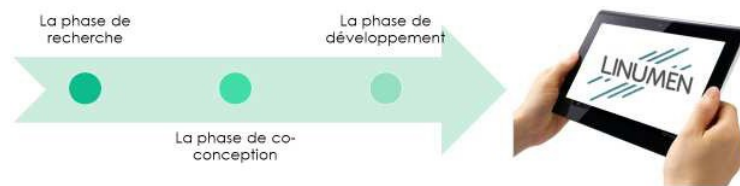


Figure 1 : Les différentes étapes de l'élaboration de l'application LINUMEN

1. La phase de recherche

1.1. L'examen de la littérature scientifique

L'usage du numérique dans le cadre de l'éducation pose beaucoup de questions. Concernant le cas spécifique des tablettes, les logiciels applicatifs dits « éducatifs » disponibles *via* les plateformes de téléchargement sont très nombreux. Si la littérature scientifique s'accorde majoritairement à dire que les outils numériques peuvent avoir un rôle positif sur les apprentissages premiers des enfants (*e.g.* Papadakis, Kalogiannakis, & Zaranis, 2018), certains auteurs sont plus réservés quant aux impacts réels et effectifs de ces outils sur les apprentissages (*e.g.* Amadiou & Tricot, 2013). Ainsi, les acteurs éducatifs (enseignants, parents, concepteurs d'applications, chercheurs, etc.) sont amenés à se questionner sur la portée éducative des outils numériques utilisés auprès de jeunes enfants.

Sur la base de ce constat, nous avons établi une revue de la littérature sur les modèles, méthodes et outils liés à la conception, l'évaluation et l'implémentation des tablettes dans un contexte éducatif. A titre d'exemple, Shoukry, Sturm et Galal-Edeen (2012) se sont intéressés aux liens entre la recherche, la création et l'évaluation de logiciels applicatifs en s'appuyant sur des caractéristiques concrètes et mesurables. De même, Hirsh-Pasek et al. (2015) se sont intéressés plus particulièrement aux critères favorisant l'apprentissage effectif *via* une application.

1.2. L'examen des applications disponibles

L'examen d'un échantillon d'applications éducatives à destination d'enfants d'âge préscolaire (cf. annexe. 1) montre qu'elles ne sont pas souvent dotées des qualités requises pour

être introduites en salle de classe et pour être intégrées dans les pratiques enseignantes. Par exemple, le mode de présentation de l'information de celles couramment proposées sur les plates-formes de téléchargement favorise bien souvent le caractère ludique et attrayant de l'outil au détriment du développement de compétences spécifiques. Elles guident peu les élèves dans la réalisation des tâches à effectuer et ne leur offrent que des *feedbacks* peu informatifs. De plus, elles fournissent rarement aux enseignants les informations indispensables leur permettant de mieux diagnostiquer les difficultés de leurs élèves et de mieux intervenir.

Bien que le numérique permette de concevoir des outils multimodaux et dynamiques, ceux-ci présentent parfois de fortes exigences cognitives, entraînant des difficultés pour les élèves à traiter l'information. Ainsi, afin d'élaborer des outils numériques adaptés pour les apprentissages, Mayer (2014) annonce 9 principes à respecter qui sont fondés sur des preuves. Ces principes sont les suivants :

1. Éliminer tout ce qui est inutile ou décoratif
2. Mettre en exergue ce qui est important
3. Éliminer ce qui est redondant
4. Limiter l'écrit pour commenter une image : utiliser l'oral
5. Intégrer spatialement et temporellement ce qui est lié
6. Faire des pauses, se mettre au rythme des élèves
7. Ne pas tout donner en même temps : avancer progressivement
8. Impliquer les élèves, s'adresser à eux, personnaliser le message
9. Utiliser les animations pour les apprenants avancés, ou pour l'apprentissage de gestes.

1.3. Élaboration et validation d'une grille pour évaluer les différentes applications

Suite à la revue de la littérature, nous avons constaté l'absence d'outils en langue française pour évaluer les qualités des applications éducatives. Ainsi, nous avons élaboré une grille (cf. annexe 2) qui se présente comme une liste de critères à évaluer sur une échelle de Likert en cinq points.

Ces critères sont regroupés en quatre dimensions les plus souvent citées et pertinentes dans la littérature :

- 1) **le design** (e.g. esthétisme général, disposition des éléments de navigation...)
- 2) **les fonctionnalités** (e.g. navigation, adaptabilité du système et du contenu à l'enfant, ...)
- 3) **la qualité éducative** (e.g. consignes et feedbacks, étayage, ...)
- 4) **l'engagement** (e.g. diversité des activités et des stratégies, ...)

Cette grille a été validée auprès d'un échantillon de 11 personnes (enseignants d'écoles élémentaire et maternelle, étudiants et parents). Elles ont évalué individuellement huit applications éducatives (quatre en numératie et quatre en littératie). Le travail autour de cette grille se poursuit cette année.

1.4. Détermination des points de vigilance pour créer notre application

La revue de littérature et l'élaboration de la grille nous ont ainsi permis de déterminer les qualités souhaitées pour le développement de l'application "AppLINOU" dans le cadre du projet LINUMEN. Ces qualités sont :

- 1° l'adaptation aux programmes de l'école maternelle ;
- 2° la progressivité sur cinq périodes de début de la MS à la fin de la GS ;
- 3° une ergonomie adaptée aux enfants et favorisant l'autonomie ;
- 4° les qualités pédagogiques (annonce de l'objectif, *feedbacks*, étayage) ;
- 5° l'autoévaluation ;
- 6° l'aspect ludique ;
- 7° la présence d'une mascotte.

1.4.1. Adaptation aux programmes maternelle

Les programmes de l'école maternelle de 2015 ont eu comme objectif de concilier deux approches éducatives : d'une part, l'approche développementale visant un développement global de l'enfant et, d'autre part, l'approche plus académique dirigée vers l'acquisition de connaissances et de compétences.

Ainsi, toutes les activités proposées dans l'application développent des compétences citées dans les programmes de 2015 et dans les documents d'accompagnement (*cf.* les tableau 1 et 2 plus loin dans le texte).

1.4.2. Progressivité sur cinq périodes de début de MS à la fin de GS

Toutes les activités proposées ont une progressivité sur cinq périodes : deux en MS et trois en GS. Ainsi, les compétences travaillées dans les activités seront abordées durant ces périodes. Les tâches demandées à l'enfant sont de complexité croissante.

1.4.3. Une ergonomie adaptée aux enfants et favorisant l'autonomie

Notre objectif est de proposer une application ergonomique adaptée aux enfants d'âge préscolaire. Un certain nombre de fonctionnalités ont été introduites pour faciliter l'utilisation de l'application par l'enfant comme l'explicitation de la consigne, le bouton de réécoute de la consigne ou encore les *feedbacks*. L'ensemble de ces fonctionnalités seront abordées plus en détail dans la suite de ce document.

1.4.4. Qualités pédagogiques (annonce de l'objectif, *feedbacks*, étayage)

Les recherches montrent que l'enseignement explicite, structuré et précoce des compétences en littératie et numératie émergentes (LNE) dès la maternelle est le moyen le plus efficace pour prévenir les difficultés d'apprentissage de la lecture, de l'écriture et du calcul (Dehaene, 2011 ; Fayol, 2013 ; Gentaz, 2013). Cela permet de mieux lutter contre les inégalités d'apprentissages liées à l'origine sociale des élèves.

Toutefois, les apprentissages à l'école maternelle doivent être effectués selon des modalités ludiques, respectant les rythmes de l'enfant et dans le cadre d'une évaluation positive et bienveillante comme le souligne les programmes de 2015.

a) Annonce de l'objectif

Au début de chaque activité, nous avons explicité l'objectif à l'enfant. Cette démarche a pour objectif de rendre le contexte éducatif et l'intention d'apprentissage explicite pour l'enfant. Cela montre que l'activité, malgré son caractère ludique, a un but pédagogique. L'enfant pourra alors

faire le lien entre ce qu'il fait dans l'activité et la compétence à acquérir. Cet objectif rend l'enfant actif dans les apprentissages et mobilise son attention.

b) Les *feedbacks*

L'application fournit des *feedbacks* systématiques aux élèves.

Encadré 1 : La notion de *feedback*

Crahay (2007) définit le *feedback* (ou réaction) des enseignants comme une catégorie générique de modalités de régulation interactive en situation collective.

Feedback évaluatif : on donne un jugement sur le travail de l'apprenant.

Positif : « Bravo », « tu as bien réussi »

Négatif : « Ce n'est pas juste. »

Feedback correctif : On donne un *feedback* sur le contenu du travail que l'apprenant a terminé. On lui montre ses erreurs ou les points sur lesquels il doit porter son attention.

Deux possibilités : 1° montrer l'erreur et donner la solution et 2° donner des pistes de réflexions, on se situe au niveau **de l'étayage**.

Feedback actif : On donne à l'apprenant des conseils sur comment il peut s'attaquer à une tâche spécifique ou on le guide dans les étapes suivantes du processus d'apprentissage. On appelle cela aussi parfois le *feed forward*.

Feedback motivant : On encourage l'apprenant, renforcement positif.

c) L'étayage

Si l'enfant échoue dans un item, dans un premier temps, un *feedback* évaluatif lui demande de recommencer. Si l'enfant échoue de nouveau, un étayage lui est proposé en fonction de la nature de l'activité. Si l'enfant échoue encore une fois, un *feedback* correctif lui est proposé dans lequel on lui donne la solution.

Selon l'activité, le nombre de *feedbacks* peut varier de deux à trois.

Encadré 2 : La notion d'étayage

L'étayage désigne l'ensemble des interactions et d'assistance de l'adulte permettant à l'enfant d'apprendre à organiser ses conduites afin de pouvoir résoudre seul un problème qu'il ne savait pas résoudre au départ. Selon Bruner (1983), il existe différentes manières de pratiquer l'étayage :

1° **L' enrôlement** (reformulation du but de la tâche, motivation, soulever l'intérêt, donner envie d'apprendre).

2° **La réduction des degrés de liberté** (donner quelques orientations, quelques explications supplémentaires).

3° **Le maintien de l'orientation** (apporter un soutien, des encouragements centrés seulement sur la tâche).

4° **La signalisation des caractéristiques déterminantes** (souligner les critères de réalisation

et de réussite de la tâche : conceptualisation).

5° Contrôle de la frustration (éviter le découragement lors d'échecs répétés).

6° La démonstration (exemples ou modèles utiles).

N'oublions pas la qualité relationnelle de l'étayage : favoriser une interaction contenant et enthousiaste de l'enseignant à observer, accompagner, soutenir l'élève dans son apprentissage notamment lors des situations d'échecs qui peuvent démobiliser l'élève.

1.4.5. L'auto-évaluation

L'auto-évaluation est importante dans tout acte d'enseignement-apprentissage. Elle permet à l'apprenant d'être actif dans ces apprentissages et favorise son implication. Cependant, il est difficile pour un enfant d'âge préscolaire de s'auto-évaluer à l'aide d'outils comme les questionnaires. Afin de pallier à cette difficulté, nous avons adapté la réglette EVA (Échelle visuelle analogique) utilisée habituellement pour l'évaluation de la douleur dans le domaine médical. Cette échelle est adaptée aux enfants à partir de 4 ans.

La réglette est présentée à l'enfant de façon verticale (*cf.* figure 2). L'enfant a la possibilité de déplacer le curseur sur cette réglette de bas en haut. Plus le curseur est haut et plus l'enfant est en accord avec la question posée. La position du curseur sera traduite en score de 0 à 10 sur une échelle continue.

Pour notre application, deux questions sont posées à l'enfant à la fin de chaque activité : la première consiste à lui demander s'il a aimé l'activité et la seconde s'il a trouvé l'activité facile.



Figure 2 : Réglette EVA pour l'évaluation des activités

1.4.6. Aspect ludique

Dans la mesure du possible les activités proposées aux enfants revêtent un aspect ludique. Comme on peut le constater à la lecture des fiches détaillant les diverses activités (un peu plus loin dans le texte) nous avons fait en sorte : :

- d'avoir un graphisme attrayant ;
- de contextualiser les différentes activités ;
- d'avoir une mascotte animer ;
- de diversifier les actions et les univers,

Par ailleurs, nous sommes restés vigilant au respect des différents points cités par Mayer (2014).

1.4.7. Mascotte

Nous avons intégré dans l'application "AppLINOU" une mascotte qui s'appelle LINOU (cf. figure 3). C'est un personnage différent de « l'instructeur » c'est-à-dire celui qui donne les consignes. Le rôle de la mascotte consiste à :

- expliciter l'activité au début ;
- donner les *feedbacks* et les étayages pendant la tâche ;
- demander l'avis de l'enfant sur l'activité.



Figure 3 : LINOU la mascotte de l'application

2. La phase de co-conception

Nous avons constitué un groupe de co-conception formé d'enseignants chercheurs, de cadres de l'éducation nationale (IEN, Conseillère pédagogique) et d'enseignants de maternelle et de primaire. Ce groupe a comme mission de :

- Participer à la conception des activités de stimulations cognitives en LNE ;
- Apporter leur expertise pour prendre en compte les contraintes de la classe dans l'élaboration de l'application.

Le groupe de co-conception s'est réuni de nombreuses fois selon des modalités différentes (réunions de travail, séminaires, workshop, ...).

2.1. Création d'un outil pour l'élaboration des activités

Afin de faciliter et organiser le travail de conception des activités, un support de travail a été élaboré : la grille d'activité. Suite à de nombreuses évolutions, elle se présente actuellement sous la forme d'un tableau Excel (*cf.* annexe 3).

Cette grille donne des informations factuelles sur les activités (titre, référence, domaine, compétences visées, univers). Elle contient toutes les informations nécessaires au développement informatique des activités (consignes, *feedbacks*, contenu des items pour chaque période, ...).

2.2. Méthode de travail



Une répartition en sous-groupes a été mise en place afin de concevoir chaque activité. Les échanges étaient par la suite soumis en séance plénière et le groupe entier discutait des propositions de chacun.

D'autres séances plus longues, sous la forme de séminaires, ont été organisées afin de finaliser les travaux en cours.

3. La phase du développement informatique

3.1. Documents de spécification fournis au prestataire

Le groupe de co-conception a fourni à LearnEnjoy :

- un story-board général de l'application
- les fiches détaillées des 20 activités
- chaque activité modélisée sous Powerpoint de sorte à donner une idée la plus précise possible de ce qui est souhaité (amorçages, *feedbacks*, items, ...)
- les fichiers des consignes enregistrés par des professionnels dans le studio de la Direction du Numérique de l'Université de Lorraine

3.2. Co-construction de l'application AppLINOU en mode agile

L'application AppLINOU a été développée avec la startup EdTech LearnEnjoy, Entreprise Solidaire reconnue d'Utilité Sociale (ESUS), qui a remporté l'Appel d'Offres public comme prestataire en charge de la production graphique et du développement informatique de l'application, en suivant les principes de la méthode agile :

- livraisons fréquentes et incrémentales de versions opérationnelles : toutes les 3 semaines en moyenne, une nouvelle version était publiée et partagée ;
- échanges hebdomadaires de suivi d'avancement, permettant d'émettre et affiner les besoins, d'arbitrer entre plusieurs solutions ou « moteurs de jeux », d'ajuster au fil de l'eau le plan de développement, le paramétrage ainsi que l'UX (expérience utilisateur) ;
- validations itératives d'illustrations graphiques, de maquettes, avec une présentation sur support numérique d'activités démonstratives et de publications partielles. L'équipe de co-conception a pu au fur et à mesure décider des choix de développement et de paramétrage ;
- journées de recette en présentiel à Nancy ou à Paris (cf. calendrier des rencontres) pour faciliter la vérification que la solution répond précisément aux besoins des enseignants, des enfants (qui ont participé aux tests). Des experts pédagogiques étaient également conviés à ces journées de recette afin de confronter l'application à la réalité des usages attendus.

Dans le monde de l'éducation, le projet LINUMEN est l'une des premières initiatives françaises de coopération entre des acteurs aussi complémentaires que le monde enseignant, le monde de la recherche en psychologie du développement, en sciences de l'éducation et en Intelligence Artificielle, et le monde de l'entrepreneuriat social.

3.3. Développement de la collecte des traces

Ce n'est que dans un second temps, suite au développement d'une première version fonctionnelle de l'application, qu'ont été développées les mécaniques d'enregistrement, de collecte, de sauvegarde et de transfert des traces pédagogiques. Ce choix fut motivé par le fait qu'il est nécessaire d'avoir une compréhension précise de la réalité des fonctionnalités et de leurs utilisations pour être en mesure d'identifier les parcours pédagogiques les plus intéressants à analyser.

Le plan de collecte, document technico-fonctionnel spécifiant les données à recueillir ainsi que leurs modalités de stockage, a été rédigé conjointement par le groupe de co-conception, la startup Edtech et IA LearnEnjoy et le laboratoire LORIA.

Le travail de création de l'application fait l'objet d'un article scientifique en cours d'écriture (Hoareau, L., Thomas, A., Luxembourger, C., Jarlégan, A., Dinet, J., & Tazouti, Y. (en préparation) Développement d'une application éducative sur tablette à l'usage d'enfants d'âge préscolaire dans le contexte de la classe. *Educational Technology Research and Development*).

4. Contenu de l'application (DA)

4.1. Mode d'emploi d'AppLINO



4.1.1. Comment utiliser la valise de rechargement ? Comment connecter la borne WI-FI ?

Deux branchements doivent être réalisés pour que la valise de stockage, de rechargement et de synchronisation des tablettes fonctionne correctement :

- Un **câble électrique** pour le branchement
- Une **prise RJ45** permettra la liaison de la borne Wi-Fi sur une prise murale par un câble réseau



A l'intérieur de la valise, un espace de rangement spécifique pour les tablettes est délimité. De plus, des câbles de rechargement sont aussi présents dans la valise pour faciliter le rechargement des tablettes.

Sur l'une des faces extérieures de la valise, vous trouverez un bouton on/off qui vous permettra d'activer et de désactiver la borne Wi-Fi de la valise.

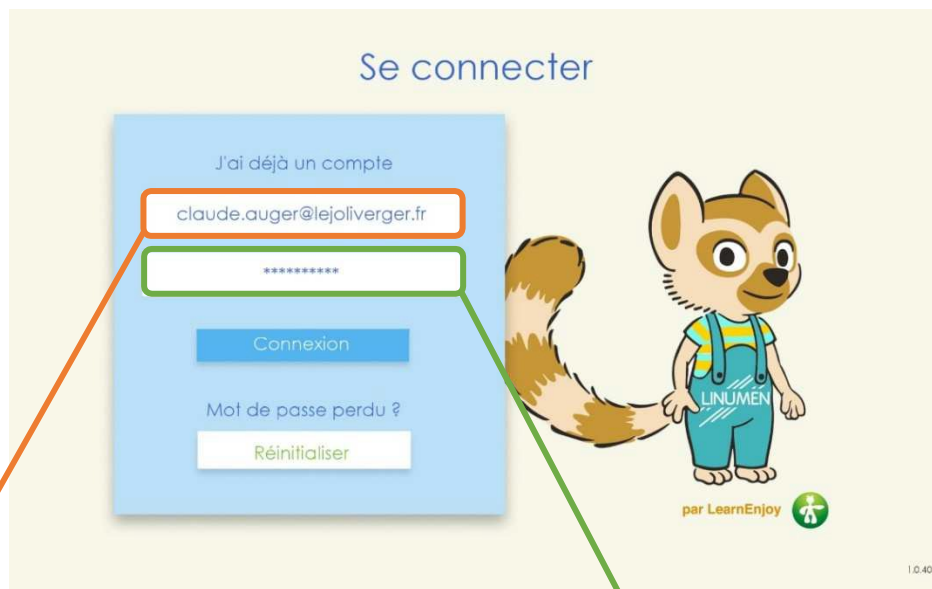
4.1.2. Comment se connecter à l'application ?

La connexion à l'application ne peut se faire, que si vous êtes au préalable connecté au réseau Wi-Fi. Pour cela, vous devez activer le réseau Wi-Fi de la valise de stockage (naoCase M300) ou votre réseau Wi-Fi habituel.

Pour ouvrir l'application, cliquez sur l'icône « AppLINOU ».



Sur l'écran d'accueil, vous devez rentrer un identifiant et un mot de passe. Ci-dessous vous pouvez voir un exemple d'identifiant et de mot de passe. Cependant, n'oubliez pas que pour retrouver les élèves de votre classe, vous devez saisir **vos** identifiant personnel ainsi que votre **mot de passe** qui vous ont été communiqués au début de l'expérimentation.



Identifiant : claudio.auger@lejoliverger.com

Mot de passe : LNJtest231

4.1.3. Comment choisir un élève ?

Après s'être connecté à l'application, celle-ci s'ouvre directement sur la page "Choix de l'élève".

Sur cet écran, vous pouvez donc choisir l'élève concerné en cliquant simplement sur l'icône correspondant au prénom de l'élève.



4.1.4. Comment choisir un domaine et un niveau ?

Etape 1 : Choix du domaine

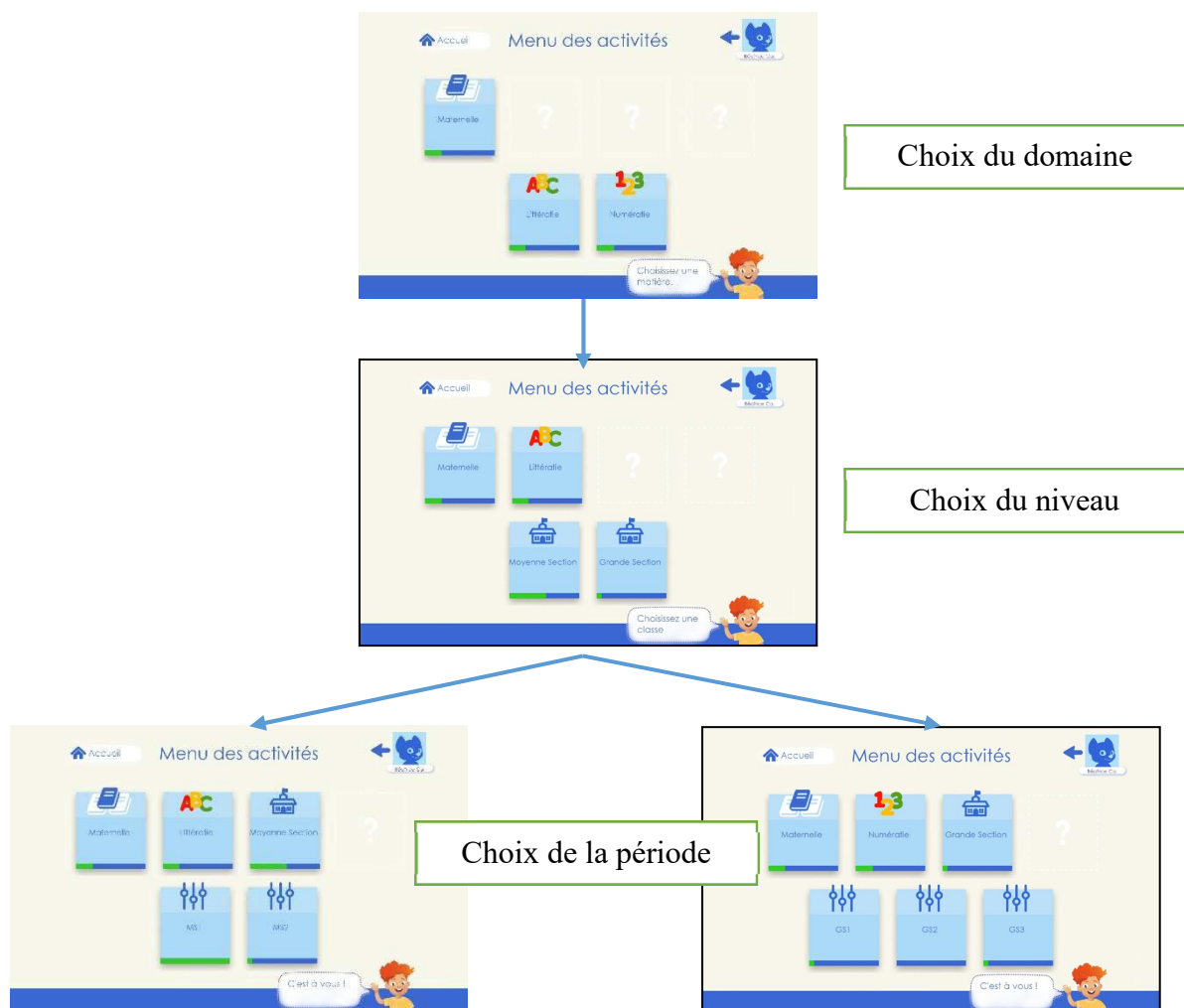
Après avoir sélectionné l'élève concerné, il faut désormais choisir le domaine dans lequel l'élève va réaliser les activités. Deux possibilités sont disponibles : littérature ou numération.

Etape 2 : Choix du niveau

Dans un second temps, il faut choisir le niveau de l'enfant : l'application "AppLINO" a été développé pour des enfants de moyenne et de grande section de maternelle.

Etape 3 : Choix de la période

Pour chacun des niveaux, plusieurs périodes ont été déterminées dans le calendrier du projet LINUMEN. Ainsi, cinq périodes ont été programmées lors desquelles toutes les activités sont proposées et adaptées à l'âge de l'enfant : 2 périodes en moyenne section (appelées respectivement MS1 et MS2) et 3 périodes en grande section (appelées respectivement GS1, GS2 et GS3).



4.1.5. Comment choisir une activité ?

Après avoir sélectionné un domaine et un niveau, les activités sont alors proposées sur la partie basse de l'écran. Pour chaque domaine, 10 activités sont proposées dans un ordre bien spécifique.

The image displays two screenshots of the application's 'Menu des activités' interface, illustrating how to select a domain and level, and then view the list of activities.

Top Screenshot (Littératie):

- Domaine :** Littératie (indicated by a green box and arrow)
- Périodes :** MS2 (indicated by a blue box and arrow)
- Activités à sélectionner :** Les mots, La cueillette des syllabes, En route vers l'école - S'habiller, En route vers l'école - Cuisiner, En route vers l'école - Travailler (indicated by an orange box and arrow)

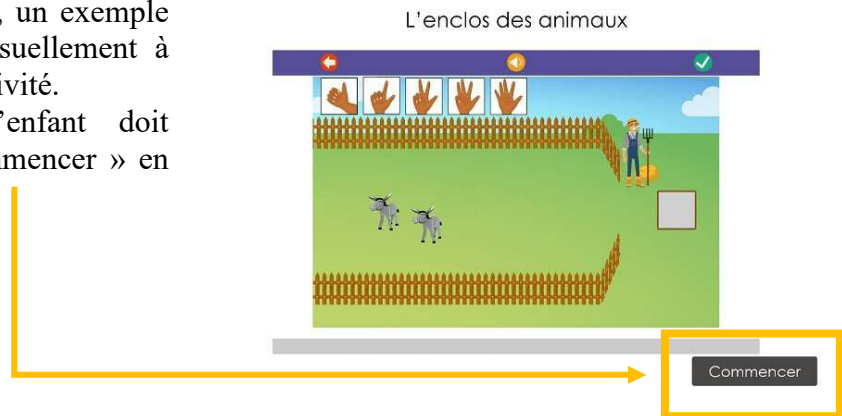
Bottom Screenshot (Numératie):

- Domaine :** Numératie (indicated by a green box and arrow)
- Périodes :** GS2 (indicated by a blue box and arrow)
- Activités à sélectionner :** L'enclos des animaux, Le château, Retour vers l'enclos, Construis ton château, La chenille (indicated by an orange box and arrow)

4.2. Les fonctionnalités de l'application

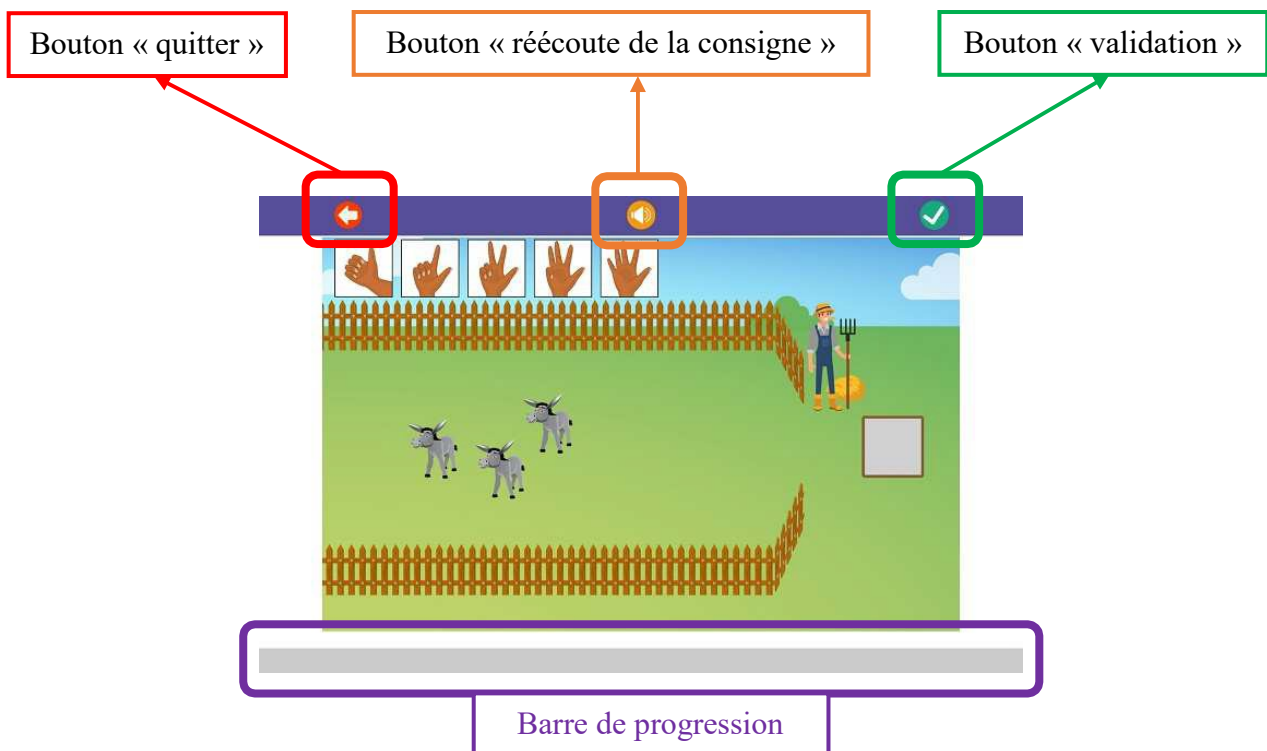
4.2.1. Le bouton « commencer »

Lors de la phase d'amorçage, un exemple est présenté oralement et visuellement à l'enfant avant de débiter l'activité. Pour débiter l'activité, l'enfant doit appuyer sur le bouton « commencer » en bas à droite de l'écran.



4.2.2. Après le début de l'activité

Durant les activités, plusieurs boutons sont disponibles et ont des fonctions différentes. Le bouton « quitter » est représenté par une flèche blanche dans un rond rouge en haut à gauche de l'écran. Le bouton « réécoute de la consigne » se situe quant à lui en haut au milieu de l'écran et permet à l'élève d'écouter la consigne autant de fois qu'il le souhaite. Enfin, en haut à gauche de l'écran se trouve le bouton vert de « validation ». Ce bouton permet à l'enfant de valider sa réponse et lui offre dans la plupart des cas la possibilité d'être sûr de sa réponse ou de la modifier.



La barre de progression située en bas de l'écran permet à l'enfant de suivre sa progression dans l'activité.

4.3. Quelle est l'utilité des modes « connecté » et « déconnecté » ?

Qu'est-ce que le mode « déconnecté » ?

En mode « déconnecté », l'application n'a pas besoin de connexion internet pour fonctionner. Ainsi, ce mode vous permet d'utiliser les tablettes en classe sans avoir besoin de réseau Wi-Fi. De la sorte, toutes les activités sont contenues dans la mémoire de la tablette. De même, tous les résultats des élèves sont eux-aussi stockés dans la mémoire de la tablette.

Qu'est-ce que le mode « connecté » ?

En mode « connecté », l'application a besoin d'une **connexion internet stable** pour fonctionner. Ce mode permet donc de télécharger les activités contenues dans l'application et de synchroniser les tablettes, c'est-à-dire d'envoyer les données des élèves pour les stocker dans des serveurs sécurisés. Pour être en mode « connecté », les tablettes doivent être connectées au Wi-Fi.

Comment changer de mode ?

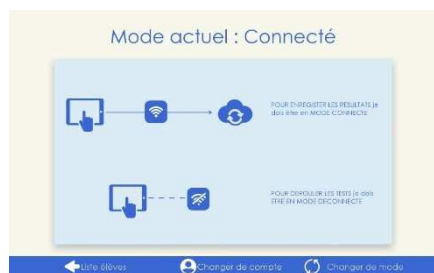
The diagram illustrates the process of changing the application mode. It starts with the 'Choix de l'élève' screen, where a red arrow points to the 'Avec / Sans WIFI' button at the bottom. A text box explains that touching this button leads to the mode change screen. The 'Mode actuel : Connecté' screen shows two options: 'POUR ENREGISTRER LES RESULTATS je dois être en MODE CONNECTE' and 'POUR DEROUILLER LES TESTS je dois ETRE EN MODE DECONNECTE'. A yellow arrow points to the 'Changer de compte' button, and a purple arrow points to the 'Changer de mode' button. Two text boxes provide instructions for these buttons: one for changing the account and one for changing the mode.

Sur l'écran « **Choix de l'élève** », touchez « **Avec / Sans Wifi** » afin de faire apparaître l'écran de changement de mode.

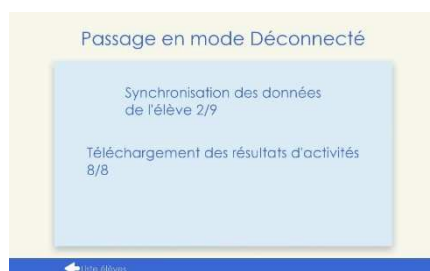
En cas de changement d'utilisateur, le bouton « **Changer de compte** » permet de revenir à l'écran « **Se connecter** ». Le nouvel utilisateur utilise alors ses propres identifiants pour accéder à sa sélection d'élèves.

Touchez « **Changer de mode** » pour permettre de passer en **mode déconnecté**.

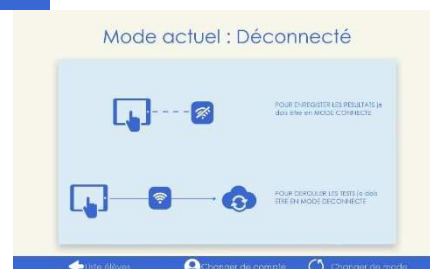
Quand et pourquoi changer de mode ?



Avant chaque séance, il faut passer en mode « Déconnecté » pour pouvoir réaliser les activités en classe. Ce mode permet donc de télécharger toutes les activités sur la tablette pour pouvoir travailler sur l'application sans connexion Wi-Fi. Ainsi, si le Wi-Fi dysfonctionne, cela n'aura pas d'impact sur l'activité des élèves.



À la fin de la journée ou des séances réalisées, il ne faut pas oublier de repasser en mode « Connecté » pour envoyer les données des élèves. Ce mode permet de mettre à jour les résultats des élèves et de garantir le suivi des élèves. De plus, un élève pourra poursuivre son activité sur n'importe quelle autre tablette.




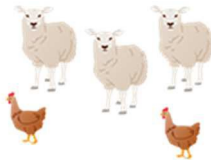






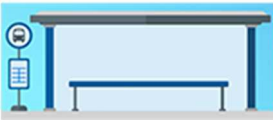


Lors du changement de mode, veillez à bien laisser la tablette allumée. Si celle-ci n'est pas allumée ou est simplement en mode veille, le passage d'une mode à l'autre ne s'effectuera pas.

4.4. Description des activités

“AppLINOU” (**Apprendre avec Linou en maternelle**) se divise en deux sous-applications. La première propose 10 activités pour développer les compétences en littératie émergente et la seconde propose 10 activités pour développer la numératie émergente. Chaque activité recouvre les 5 périodes de l'expérimentation du début de la MS jusqu'à la fin de la GS. A l'intérieur de chaque période, les exercices proposés comportent entre 10 et 18 items.







Tableau 1 : Les compétences travaillées en numératie émergente


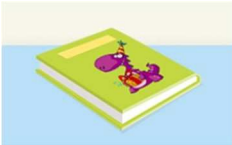



	Nom	Sous-domaine de la numératie	Programmes 2015
	NA1 : L'enclos des animaux	Reconnaissance des chiffres et dénombrement	<ul style="list-style-type: none"> - Quantifier des collections jusqu'à 10 - Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts. - Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10
	NA2 : Le château	Reconnaissance des chiffres / Dénombrement / Cardinalité	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts. - Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10 - Dénombrer une collection - Donner le cardinal d'une collection
	NA3 : Retour vers l'enclos	Composition-décomposition de collection	<ul style="list-style-type: none"> - Quantifier des collections jusqu'à 10 - Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts. - Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10 - Constituer une collection d'une taille donnée : appariement terme à terme, dénombrement - Composer et décomposer des collections par manipulation effective
	NA4 : Construis ton château	Reconnaissance des chiffres / Dénombrement / Cardinalité	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts. - Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10 - Dénombrer une collection - Constituer une collection d'une taille donnée avec ou sans collection témoin : appariement terme à terme, dénombrement
	NA5 : La chenille	Sérialisation	<ul style="list-style-type: none"> - Quantifier des collections jusqu'à 10 - Reconnaître des symboles analogiques : constellations de tailles identiques ou différents. - Lire les nombres écrits en chiffre au-delà de 10 - Compléter une suite logique : plus un ou moins un

	NA6 : Remplis le bus	Opérations - Compositions/Décompositions	<ul style="list-style-type: none"> - Quantifier des collections jusqu'à 10 - Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts. - Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10 - Constituer une collection d'une taille donnée : appariement terme à terme, dénombrement - Composer et décomposer des collections par manipulation effective - Mettre en mémoire des quantités pour les composer et les décomposer
	NA7 : La balade en voiture	Comparer des collections- Reconnaître des chiffres	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts. - Lire les nombres écrits en chiffre au-delà de 10 - Comparer des collections représentées avec des symboles analogiques écrits, conventionnels ou non conventionnels
	NA8 : L'arrêt de bus	Opérations - Compositions/Décompositions	<ul style="list-style-type: none"> - Quantifier des collections jusqu'à 4 ; 5 ; 6 ; 8 et 10 - Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts. - Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10 - Constituer une collection d'une taille donnée : appariement terme à terme, dénombrement - Composer et décomposer des collections par manipulation effective - Mettre en mémoire des quantités pour les composer et les décomposer
	NA9 : L'abeille butine	Comptage-Numérotage (Ordinalité), flexibilité dans la manipulation de la chaîne numérique	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser le rang (ex. troisième) pour exprimer la position d'un élément - Repérer et placer un élément en connaissant sa position et respectant le sens du parcours.
	NA10 : Le bus en folie	Opérations - Compositions/Décompositions	<ul style="list-style-type: none"> - Quantifier des collections jusqu'à 10 - Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts. - Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10 - Composer et décomposer des collections par manipulation mentale en mémorisant des quantités.

NB : Les compétences clefs sont en gras.

Tableau 2 : Les compétences travaillées en littératie émergente

	Nom	Sous-domaine de la numératie	Programmes
	LA1 Le tambour des syllabes	Conscience phonologique : Scander des syllabes	<ul style="list-style-type: none"> - Scander des syllabes orales - Identifier un mot avec un nombre de syllabes frappé
	LA2 Les lettres en folie	Reconnaissance des lettres	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les lettres de l'alphabet - Connaître les correspondances entre les trois manières de les écrire : capitales d'imprimerie, script, cursive - Ecrire seul un mot en utilisant des lettres
	LA3 Les mots	Vocabulaire	<ul style="list-style-type: none"> - Construire et employer un vocabulaire de base de plus en plus précis, en réception.
	LA4 La cueillette des syllabes	Conscience phonologique : Dénombrer les syllabes	<ul style="list-style-type: none"> - Trier les mots en fonction du nombre de syllabes orales
	LA5 En route vers l'école - Travailler - S'habiller - Cuisiner	Vocabulaire	<ul style="list-style-type: none"> - Construire et employer un vocabulaire de base de plus en plus précis, en réception - Comprendre un message et agir ou répondre de façon pertinente - Reconnaître les actions, les objets et leurs propriétés dans des représentations symboliques.

	LA6 Syllaborobot	Conscience phonologique : opération sur des syllabes	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître et manipuler les syllabes orales de mots - Reconnaître des mots transformés : <ul style="list-style-type: none"> - syllabe finale doublée - syllabe du début retirée - syllabe de la fin retirée - syllabe inversée
	LA7 La petite histoire	Compréhension	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier des personnages, des actions et des lieux - Situer dans l'espace des personnages, des objets et des actions - Identifier les états mentaux et les motivations des personnages pour construire la logique du récit - Identifier et reconnaître les caractéristiques de personnages archétypaux (ex. loup, sorcière) - Repérer des événements et leur chronologie, construire des relations de causalité.
	LA8 La maison des rimes	Conscience phonologique : Identification de rimes	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier des unités sonores, repérer des ressemblances : les rimes
	LA9 La grande histoire	Compréhension	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier des personnages, des actions et des lieux - Situer dans l'espace des personnages, des objets et des actions - Identifier les états mentaux et les motivations des personnages pour construire la logique du récit - Identifier et reconnaître les caractéristiques de personnages archétypaux (ex. loup, sorcière) - Repérer des événements et leur chronologie, construire des relations de causalité.
	LA10 Le chemin des devinettes	Vocabulaire	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître un vocabulaire de base de plus en plus précis, en réception - Comprendre une définition et lui associer une représentation symbolique



Activité NA1 : L'enclos des animaux

Compétences en lien avec le programme

- Quantifier des collections jusqu'à 10
- Mobiliser des symboles analogiques, verbaux ou écrits, conventionnels ou non conventionnels pour communiquer des informations orales et écrites sur une quantité.
- Lire les nombres écrits en chiffres jusqu'à 10

Description

Dans cette activité, le support utilisé est celui de la ferme. L'élève doit **dénombrer les animaux présents dans l'enclos** et choisir la bonne réponse parmi une sélection de vignettes. Pour répondre, l'élève doit glisser une des vignettes contenant soit des représentations de doigts, soit des constellations de dés ou encore des chiffres, dans la case réponse prévue à cet effet.

La collection d'animaux peut être présentée de quatre manières différentes. Ainsi, dans un premier temps, les animaux peuvent être représentés sous la forme d'une constellation de dés ou de formes géométriques. La collection d'animaux peut aussi être représentée de manière aléatoire ou encore de façon linéaire avec des animaux espacés à la même distance. Enfin, la collection d'animaux peut aussi être présentée de manière à former des regroupements (2+1, 3+1, 2+2, ...).

Une progressivité dans le domaine numérique peut être observée au fil des périodes. Plus l'on progresse dans les périodes (donc de MS1 à GS3) et plus les quantités représentées sont grandes. Enfin, les animaux représentés varient eux aussi et certaines représentations utilisent différents animaux de tailles différentes.

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 5 sous la forme de **représentations de doigts**.

2ème période (MS2) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 6 sous la forme de **représentations de doigts**.

3ème période (GS1) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 7. Toutes les vignettes réponses sont représentées par **des chiffres présentés de manière ordonnée**.

4ème période (GS2) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 9. Toutes les vignettes réponses sont représentées par **des chiffres présentés dans un ordre aléatoire**.

5ème période (GS3) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 11. Toutes les vignettes réponses sont représentées par **des chiffres présentés dans un ordre aléatoire**.



Activité NA2 : Le château

Compétences en lien avec le programme

- Mobiliser des symboles analogiques, verbaux ou écrits, conventionnels ou non conventionnels pour communiquer des informations orales et écrites sur une quantité.
- Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10.
- **Dénombrer une collection.**
- **Donner le cardinal d'une collection.**

Description

Dans cette activité, un château imaginaire est présenté à l'élève. Il doit **compter les différentes parties de ce château et compléter le bon de commande** correspondant en faisant glisser les réponses possibles avec son doigt. Lorsqu'il a terminé, il valide.

Les réponses possibles sont présentées de façon progressive sous la forme de symboles analogiques puis sous la forme de chiffres écrits.

Progression selon les cinq périodes

1ère période : MS1 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 4**, présenté sous la forme de **doigts**. Les châteaux sont composés de 3 formes différentes : des remparts, des tours et des toits.

2ème période : MS2 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 6**, présenté sous la forme de **constellations du dé**. Les châteaux sont composés de 3 formes différentes : des remparts, des tours et des toits.

3ème période : GS1 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 7**, présenté majoritairement sous la forme de **constellations du dé**, puis sous la forme de **chiffres écrits**. Les châteaux sont composés de 3 formes différentes : des remparts, des tours et des toits.

4ème période : GS2 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 9**, présenté majoritairement sous la forme de **chiffres écrits**, puis sous la forme de **constellations du dé**. Les châteaux sont composés de 5 formes différentes : des remparts, des tours, des toits, des portes et des fenêtres.

5ème période : GS3 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 10**, présenté sous la forme de **chiffres écrits**. Les châteaux sont composés de 5 formes différentes : des remparts, des tours, des toits, des portes et des fenêtres.



Activité NA3 : Retour vers l'enclos

Compétences en lien avec le programme

- Quantifier des collections jusqu'à 10.
- Mobiliser des symboles analogiques, verbaux ou écrits, conventionnels ou non conventionnels pour communiquer des informations orales et écrites sur une quantité.
- Lire les nombres écrits en chiffres jusqu'à 10
- **Constituer une collection d'une taille donnée : appariement terme à terme, dénombrement.**
- **Composer et décomposer des collections par manipulation effective.**

Description

Dans cette activité, le support utilisé est encore celui de la ferme. L'élève doit **faire rentrer le bon nombre d'animaux dans l'enclos**. Pour répondre, l'élève doit glisser des animaux un à un ou par groupe dans l'enclos pour former la quantité demandée.

Lors des premières questions, l'élève peut réaliser des collections par **correspondance terme à terme**. Ensuite, l'élève réalise des collections à partir de **groupes d'animaux et ce sans contrainte** (par exemple : pour constituer une collection de 5 il aura le choix entre $3+2$, ou $2+2+1$). Enfin, l'élève peut réaliser des collections à partir de **groupe d'animaux avec contrainte**. Autrement dit, pour faire une collection de 6, il n'aura qu'un seul choix juste parmi plusieurs par exemple $2+4$.

Une progressivité dans le domaine numérique peut être observée au fil des périodes. Plus l'on progresse dans les périodes (donc de MS1 à GS3) et plus les quantités représentées sont grandes. Et progressivement, les compositions à réaliser pour obtenir la quantité demandée

Progression selon les cinq périodes

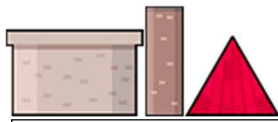
1ère période (MS1) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 4 sous la forme de représentations de doigts. La consigne orale est prononcée et une aide visuelle est représentée par une constellation de dé.

2ème période (MS2) : Le domaine numérique abordé est de 3 à 6 sous la forme de représentations de doigts. La consigne orale est prononcée et une aide visuelle est représentée par une constellation de dé.

3ème période (GS1) : Le domaine numérique abordé est de 4 à 6. La consigne orale est prononcée et une aide visuelle représentée soit par une constellation de dé, soit par un chiffre est présente.

4ème période (GS2) : Le domaine numérique abordé est de 6 à 8. La consigne orale est prononcée et une aide visuelle représentée par un chiffre est présente.

5ème période (GS3) : Le domaine numérique abordé est de 8 à 10. L'élève ne peut que se baser sur la consigne orale pour connaître la quantité demandée.



Activité NA4 : Construis ton château

Compétences en lien avec le programme

- Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts.
- Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10
- Dénombrer une collection
- **Constituer une collection d'une taille donnée avec ou sans collection témoin : appariement terme à terme, dénombrement**

Description

Dans cette activité, un bon de commande est présenté à l'élève. Il doit **reconnaître la quantité de formes demandée afin de construire un château imaginaire** en faisant glisser les formes du château avec son doigt. Lorsqu'il a terminé, il valide.

Les bons de commandes sont présentés de façon progressive avec des symboles analogiques puis finalement avec des chiffres écrits.

Progression selon les cinq périodes

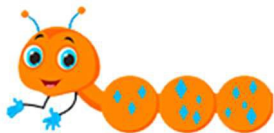
1ère période : MS1 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 4**, présenté sous la forme de **doigts**. Les châteaux sont composés de 3 formes différentes : des remparts, des tours et des toits.

2ème période : MS2 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 6**, présenté sous la forme de **constellations du dé**. Les châteaux sont composés de 3 formes différentes : des remparts, des tours et des toits.

3ème période : GS1 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 7**, présenté majoritairement sous la forme de **constellations du dé**, puis sous la forme de **chiffres écrits**. Les châteaux sont composés de 3 formes différentes : des remparts, des tours et des toits.

4ème période : GS2 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 9**, présenté majoritairement sous la forme de **chiffres écrits**, puis sous la forme de **constellations du dé**. Les châteaux sont composés de 5 formes différentes : des remparts, des tours, des toits, des portes et des fenêtres.

5ème période : GS3 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 10**, présenté sous la forme de **chiffres écrits**. Les châteaux sont composés de 5 formes différentes : des remparts, des tours, des toits, des portes et des fenêtres.



Activité NA5 : La chenille

Compétences en lien avec le programme

- Quantifier des collections jusqu'à 10
- Reconnaître des symboles analogiques : constellations de tailles identiques ou différents
- Lire les nombres écrits en chiffre au-delà de 10
- **Compléter une suite logique en plus un ou moins un**

Description

Dans cette activité, une chenille à laquelle il manque des morceaux est présentée à l'élève. En faisant glisser les possibilités de réponse avec son doigt, il doit la **compléter en suivant une suite logique en plus un ou moins un**. Plusieurs modalités de chenilles lui sont proposées de façon progressive.

La **1^{ère} modalité** de chenille propose le **symbole analogique des constellations de dés avec des points**. L'enfant pourra placer 2 réponses sur cette chenille.

La **2^{ème} modalité** de chenille propose le **symbole analogique des constellations de dés** mais avec **plusieurs types différents de formes** (cœur, croix, etc...). L'enfant pourra placer 2 réponses sur cette chenille.

La **3^{ème} modalité** de chenille propose de ne plus représenter des quantités de **formes différentes** sous forme de constellations de dés mais sous forme **aléatoire**. L'enfant pourra placer 2 réponses sur cette chenille.

La **4^{ème} modalité** de chenille propose de présenter des quantités en **forme de losange de tailles différentes** et sous forme **aléatoire**. L'enfant pourra placer 2 réponses sur cette chenille.

La **5^{ème} modalité** de chenille propose d'utiliser **les chiffres et les nombres**. L'enfant pourra placer 2 à 5/6 réponses sur cette chenille.

Progression selon les cinq périodes

1ère période : MS1 : Les modalités de chenille proposées sont : la 1^{ère}, la 2^{ème} et la 3^{ème}.
Le domaine numérique abordé est de 1 à 6.

2ème période : MS2 : Les modalités de chenille proposées sont : la 2^{ème}, la 3^{ème} et la 4^{ème}.
Le domaine numérique abordé est de 1 à 8.

3ème période : GS1 : Les modalités de chenille proposées sont : la 2^{ème}, la 3^{ème}, la 4^{ème} et la 5^{ème}. Le domaine numérique abordé est de 1 à 9.

4ème période : GS2 : Les modalités de chenille proposées sont : la 3^{ème} et la 5^{ème}. Le domaine numérique abordé est de 1 à 12.

5ème période : GS3 : La modalité de chenille proposée est : la 5^{ème}. Le domaine numérique abordé est de 1 à 23.



Activité NA6 : Remplis le bus

Compétences en lien avec le programme

- Quantifier des collections jusqu'à 10
- Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts.
- Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10
- **Constituer une collection d'une taille donnée : appariement terme à terme, dénombrement**
- **Composer et décomposer des collections par manipulation effective**
- Mettre en mémoire des quantités pour les composer et les décomposer

Description

Dans cette activité, le support utilisé est le bus, dans lequel l'élève doit glisser le bon nombre d'enfants. Pour chaque question, **une consigne orale est prononcée à l'élève et lui indique le nombre d'enfants à faire monter dans le bus**. De plus, deux indices visuels sont aussi présents sur le bus : l'un En écriture chiffrée plutôt et l'autre avec une représentation de doigts.

Une **progressivité en terme de domaine numérique** peut être observée au fil des périodes. Plus l'on progresse dans les périodes (donc de MS1 à GS3) et plus les quantités représentées sont grandes. De plus, dans la même logique, plus l'on progresse dans les périodes et plus l'élève va travailler sur les décompositions et les compositions. Dans un premier temps, l'élève remplit le bus **unité par unité** puis progressivement **par groupes** de plus en plus grands (allant jusqu'à 4).

Lors des premières questions, l'élève peut réaliser **une correspondance terme à terme** avec les fenêtres du bus, qui sont visibles et correspondent dans un premier temps au nombre demandé. Puis, au fil de l'activité les fenêtres du bus seront progressivement cachées pour travailler sur la **mise en mémoire des informations par l'élève**. Ainsi, lorsque l'élève devra par exemple glisser trois enfants dans le bus, il devra se souvenir des enfants qu'il a déjà glissés dans le bus pour réussir l'exercice. Dans la dernière modalité, le bus entier est caché : l'élève ne peut donc plus s'appuyer sur les indices visuels que représentaient les fenêtres pour réaliser l'activité.

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 3. L'élève commence à travailler sur des décompositions simples (2+1) et aussi sur les groupes de 2 et de 3.

2ème période (MS2) : Le domaine numérique abordé est de 2 à 4. L'élève travaille sur des décompositions simples (2+1, 2+2, 3+1) et aussi sur les groupes de 2, de 3 et de 4.

3ème période (GS1) : Le domaine numérique abordé est de 3 à 5. L'élève travaille sur des décompositions de plus en plus complexes.

4ème période (GS2) : Le domaine numérique abordé est de 3 à 6. L'élève travaille sur des décompositions de plus en plus complexes et forcées. Il doit choisir la bonne solution parmi plusieurs distracteurs.

5ème période (GS3) : Le domaine numérique abordé est de 4 à 8. L'élève travaille sur des décompositions de plus en plus complexes et forcées. Il doit choisir la bonne solution parmi plusieurs distracteurs.



Activité NA7 : La balade en voiture

Compétences en lien avec le programme

- Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts.
- Lire les nombres écrits en chiffre au-delà de 10
- **Comparer des collections représentées avec des symboles analogiques écrits, conventionnels ou non conventionnels**

Description

Dans cette activité, trois cartes représentant chacune une quantité sont présentées à l'élève. Ces quantités peuvent être présentées sous la forme de symboles analogiques de constellations du dé et sous la forme de doigts, ou en écriture chiffrée. L'élève doit alors **comparer les cartes entre elles et sélectionner celle qui correspond à la plus grande quantité.**

Progression selon les cinq périodes

1ère période : MS1 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 4**.

2ème période : MS2 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 8**.

3ème période : GS1 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 8**.

4ème période : GS2 : Le domaine numérique abordé est de **1 à 10**.

5ème période : GS3 : Le domaine numérique abordé est de **5 à 14**.



Activité NA8 : L'arrêt de bus

Compétences en lien avec le programme

- Quantifier des collections jusqu'à 10
- Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts.
- Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10
- **Constituer une collection d'une taille donnée : appariement terme à terme, dénombrement**
- **Composer et décomposer des collections par manipulation effective**
- Mettre en mémoire des quantités pour les composer et les décomposer

Description

Dans cette activité, le support utilisé est le bus et l'abribus, dans lesquels l'élève doit partager une quantité initiale d'enfants. Pour chaque question, **une consigne orale est prononcée à l'élève et lui indique le nombre d'enfants à faire monter dans le bus**. Par la suite, l'élève doit glisser les enfants restants sous l'abribus. De plus, deux indices visuels sont encore présents sur le bus : l'un en écriture chiffrée et l'autre avec une représentation de doigts.

Une progressivité en terme de domaine numérique peut être observée au fil des périodes. Plus l'on progresse dans les périodes (donc de MS1 à GS3) et plus les quantités représentées sont grandes. De plus, dans la même logique, plus l'on progresse dans les périodes et plus l'élève va **travailler sur les décompositions et les compositions**. Dans un premier temps, l'élève utilise des unités puis progressivement des groupes de plus en plus grands (allant jusqu'à 4).

Lors des premières questions, l'élève peut réaliser une **correspondance terme à terme** avec les fenêtres du bus, puis glisser les autres enfants sous l'abribus. Mais au fil de l'activité les fenêtres du bus seront progressivement cachées pour travailler sur la **mise en mémoire des informations** par l'élève. Ainsi, lorsque l'élève devra par exemple glisser trois enfants dans le bus et mettre les autres sous l'abribus, il devra se souvenir des enfants qu'il a déjà glissés dans le bus pour réussir l'exercice. Dans la dernière modalité, le bus entier est caché : l'élève ne peut donc plus s'appuyer sur les indices visuels que représentaient les fenêtres pour réaliser l'activité.

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : Le domaine numérique abordé est de 2 à 5. L'élève commence à travailler sur des décompositions simples (2+1) et aussi sur les groupes de 2 et de 3.

2ème période (MS2) : Le domaine numérique abordé est de 4 à 7. L'élève travaille sur des décompositions simples (2+1, 2+2, 3+1) et aussi sur les groupes de 2, de 3 et de 4.

3ème période (GS1) : Le domaine numérique abordé est de 4 à 7. L'élève travaille sur des décompositions de plus en plus complexes.

4ème période (GS2) : Le domaine numérique abordé est de 4 à 8. L'élève travaille sur des décompositions de plus en plus complexes et forcées. Il doit choisir la bonne solution parmi plusieurs distracteurs.

5ème période (GS3) : Le domaine numérique abordé est de 6 à 11. L'élève travaille sur des décompositions de plus en plus complexes et forcées. Il doit choisir la bonne solution parmi plusieurs distracteurs.



Activité NA9 : L'abeille butine

Compétences en lien avec le programme

- Utiliser le rang (ex. troisième) pour exprimer la position d'un élément
- **Repérer et placer un élément en connaissant sa position et respectant le sens du parcours**

Description

Dans cette activité, une abeille dans un champ de fleur est présentée à l'élève. Il doit **faire glisser l'abeille jusqu'à une fleur donnée en se basant sur sa position et sa couleur.**

Progression selon les cinq périodes

1ère période : MS1 : Il y a 10 fleurs dans le champ. Les positions abordées vont de la **1^{ère} à la 4^{ème}**. La direction de l'abeille va **vers la droite**.

2ème période : MS2 : Il y a 16 fleurs dans le champ. Les positions abordées vont de la **1^{ère} à la 8^{ème}**. La direction de l'abeille va **vers la droite**.

3ème période : GS1 : Il y a 16 fleurs dans le champ. Les positions abordées vont de la **2^{ème} à la 8^{ème}**.
La direction de l'abeille va **vers la gauche**.

4ème période : GS2 : Il y a 10 fleurs dans le champ. Les positions abordées vont de la **1^{ère} à la 4^{ème}**. La direction de l'abeille va **vers la droite ou la gauche**.

5ème période : GS3 : Il y a 16 fleurs dans le champ. Les positions abordées vont de la **1^{ère} à la 7^{ème}**. La direction de l'abeille va **vers la droite ou la gauche**.



Activité NA10 : Le bus en folie

Compétences en lien avec le programme

- Quantifier des collections jusqu'à 10
- Reconnaître des symboles analogiques : constellations, doigts.
- Lire les nombres écrits en chiffre jusqu'à 10
- **Composer et décomposer des collections par manipulation mentale en mémorisant des quantités.**

Description

Dans cette activité, le support utilisé est encore celui du bus. L'activité « le bus en folie » met l'élève face à des **situations de transformations additives ou soustractives**. Pour l'état initial, le bus peut être vide ou contenir déjà des passagers. Puis lors de la transformation, des passagers montent ou descendent. Et enfin, l'élève doit indiquer le nombre total de passagers contenu dans le bus après cette transformation. La variable visibilité permet progressivement de cacher la représentation de la situation pour que les élèves puissent être en mesure en fin de GS de se la représenter mentalement.

Une progressivité en terme de domaine numérique peut être observée au fil des périodes. Plus l'on progresse dans les périodes (donc de MS1 à GS3) et plus les quantités représentées sont importantes. De plus, dans la même logique, plus l'on progresse dans les périodes et plus l'élève va travailler sur les décompositions et les compositions.

Deux cas sont proposés à l'élève, dans un premier temps, l'élève sera confronté à **des transformations additives** : des enfants vont monter dans le bus. Puis, dans un second cas, on observera **des transformations soustractives** : des enfants vont descendre du bus. Les transformations s'effectuent soit unité par unité, soit par groupes allant jusqu'à 3.

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : Le domaine numérique abordé est de 2 à 5. L'élève commence à travailler sur des transformations additives simples (par unité ou par petits groupes allant jusqu'à 3). A l'état initial le bus contient entre 0 et 3 enfants.

2ème période (MS2) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 6. L'élève travaille sur des transformations additives simples (par unité ou par petits groupes allant jusqu'à 3) et commence à aborder des transformations soustractives simple (-1 ou -1-1). A l'état initial le bus contient entre 1 et 4 enfants.

3ème période (GS1) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 6. L'élève travaille sur des transformations additives et des transformations soustractives plus complexes. A l'état initial le bus contient entre 1 et 6 enfants.

4ème période (GS2) : Le domaine numérique abordé est de 1 à 7. L'élève travaille sur des transformations additives et des transformations soustractives plus complexes : les transformations unité par unité ne sont plus proposées. A l'état initial le bus contient entre 0 et 7 enfants.

5ème période (GS3) : Le domaine numérique abordé est de 3 à 8. L'élève travaille sur des transformations additives et des transformations soustractives plus complexes : les transformations unité par unité ne sont plus proposées. A l'état initial le bus contient entre 3 et 8 enfants.



Activité LA1 : Le tambour des syllabes

Compétences en lien avec le programme

- Scander des syllabes orales
- Identifier un mot avec un nombre de syllabes frappée

Description

En **moyenne section**, une image est présentée à l'élève et le nom de cette image est prononcé oralement de façon scandée afin de décomposer les syllabes. L'élève doit **appuyer sur le tambour autant de fois qu'il y a de syllabes dans le mot**. Aucun indice visuel n'est proposé pour savoir combien de coups ont été frappés sur le tambour car cela doit être une opération mentale. Lorsqu'il a terminé, il valide.

En **grande section**, un tambour est présenté à l'élève. Ce tambour donne un certain nombre de coups. L'élève doit **choisir, parmi plusieurs images de mots, celle qui correspond au nombre de syllabe**.

Les mots proposés ont été choisis selon leur nombre de **syllabes orales** allant de 1 à 4 et selon leur fréquence qui doit être élevée dans la langue française.

Progression selon les cinq périodes

1ère période : MS1 : L'élève scande le nombre de syllabes orales d'un mot composé de **1 à 4 syllabes orales**.

2ème période : MS2 : L'élève scande le nombre de syllabes orales d'un mot composé de **1 à 4 syllabes orales**.

3ème période : GS1 : L'élève trouve le mot composé de **1 à 4 syllabes orales** selon la consigne.

4ème période : GS2 : L'élève trouve le mot composé de **1 à 4 syllabes orales** selon la consigne.

5ème période : GS3 : L'élève trouve le mot composé de **1 à 4 syllabes orales** selon la consigne.



Activité LA2 : Les lettres en folie

Compétences en lien avec le programme (Attendus de fin de cycle)

- Reconnaître les lettres de l'alphabet
- Connaître les correspondances entre les trois manières de les écrire : capitales d'imprimerie, script, cursive
- Ecrire seul un mot en utilisant des lettres

Description

Dans cette activité, l'élève doit **reproduire un mot en se basant sur un modèle ou en le mettant en mémoire.**

Dans un premier temps, on présente à l'enfant une image avec le mot écrit en dessous. Pour construire le mot, l'élève doit placer les lettres dans des cases. Les lettres de ce mot, dans le désordre, sont disposées en dessous de la zone réponse.

L'enfant doit **replacer les lettres une à une dans l'ordre** et commencer par la première lettre. Lorsque la lettre est sélectionnée, son nom est prononcé. De même, si on appuie sur le mot (ou sa représentation visuelle), il est lui aussi nommé.

A partir de la seconde période (MS2), **des distracteurs** (Des lettres supplémentaires) **sont présentés en plus des lettres** permettant de constituer le mot. Une autre variable (un cache amovible) permet progressivement de **cachier la représentation du mot** pour que les élèves puissent être en mesure de mettre en mémoire le mot. De plus, si besoin, l'élève peut revoir le mot en cliquant sur le cache. Une progressivité en terme de police utilisée peut être observée au fil des périodes : **majuscule, minuscule et cursive.**

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : Le mot est toujours visible et tous les mots sont représentés en **lettres majuscules d'imprimerie.**

2ème période (MS2) : Le mot est toujours visible et tous les mots sont représentés en lettres **majuscules et minuscules d'imprimerie.**

3ème période (GS1) : A partir de cette période, le mot cible apparaît puis dès que l'enfant appuie sur l'écran pour mettre les lettres dans l'ordre, un panneau cache le mot cible. L'enfant peut à tout moment cliquer sur le panneau pour voir à nouveau le mot cible, mais dès qu'il recommence à mettre les lettres dans l'ordre, le mot cible est à nouveau caché. Tous les mots sont représentés en **lettres majuscules et minuscules d'imprimerie.**

4ème période (GS2) : Dès que l'élève commence à placer les lettres, le mot est caché. Tous les mots sont représentés en **lettres minuscules d'imprimerie.**

5ème période (GS3) : Dès que l'élève commence à placer les lettres, le mot est caché. Tous les mots sont représentés en **écriture cursive.**



Activité LA3 : Les mots

Compétences en lien avec le programme

- Construire et employer un vocabulaire de base de plus en plus précis, en réception.
- Comprendre un message et agir ou répondre de façon pertinente
- Reconnaître les objets et leurs propriétés dans des représentations symboliques.

Description

L'élève doit **chercher sur une planche visuelle** (type le lynx), l'image correspondant à ce qui lui est demandé. L'élève ne travaille que sur des noms d'**objets** en lien avec les domaines sélectionnés : **trois domaines ont été abordés « s'habiller », « cuisiner » et « travailler ».**

Pour chaque période, trois mots cibles sont travaillés par domaine (soit neuf mots cibles par période). Ces mots ont été choisis selon une progressivité et sont adaptés à l'âge de l'enfant.

Lors de l'amorçage proposé en amont de l'activité, les mots cibles sont présentés sous deux formes différents : d'une part, à l'aide d'une **photographie** et d'autre part, avec un **dessin**.

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : Parmi les mots abordés, neuf ont été choisis pour être travaillés plus spécifiquement. Les neuf mots-cibles sont les suivants : **fermeture éclair, manteau, pantalon, haricot vert, tomate, cerise, feutre, cahier et taille-crayon**. Lors de cette période, douze mots différents, par domaine, sont demandés à l'enfant, soit 36 mots au total.

2ème période (MS2) : Parmi les mots abordés, neuf ont été choisis pour être travaillés plus spécifiquement. Les neuf mots-cibles sont les suivants : **gants, casquette, collants, pépins, kiwi, oignon, harmonica, violon et disque CD**. Lors de cette période, douze mots différents, par domaine, sont demandés à l'enfant, soit 36 mots au total.

3ème période (GS1) : Parmi les mots abordés, neuf ont été choisis pour être travaillés plus spécifiquement. Les neuf mots-cibles sont les suivants : **bottes, chemise, pyjama, saladier, tablier, balance, album, domino et dictionnaire**. Lors de cette période, quinze mots différents, par domaine, sont demandés à l'enfant, soit 45 mots au total.

4ème période (GS2) : Parmi les mots abordés, neuf ont été choisis pour être travaillés plus spécifiquement. Les neuf mots-cibles sont les suivants : **maillot de bain, salopette, lacets, bouilloire, congélateur, passoire, règle, chevalet et clef**. Lors de cette période, quinze mots différents, par domaine, sont demandés à l'enfant, soit 45 mots au total.

5ème période (GS3) : Parmi les mots abordés, neuf ont été choisis pour être travaillés plus spécifiquement. Les neuf mots-cibles sont les suivants : **débardeur, foulard, montre, micro-onde, pâtisserie, charcuterie, trampoline, cerceau et échelle**. Lors de cette période, quinze mots différents, par domaine, sont demandés à l'enfant, soit 45 mots au total.



Activité LA4 : La cueillette des syllabes

Compétences en lien avec le programme

- Trier les mots en fonction du nombre de syllabes orales

Description

Dans cette activité, plusieurs images ainsi que des paniers correspondant à un certain nombre de syllabes orales sont présentés à l'élève. Il doit **ranger ces mots/images dans les paniers correspondants**. Lorsqu'il a terminé, il valide.

Les mots proposés ont été choisis selon leur nombre de **syllabes orales** allant de 1 à 4 et selon leur fréquence qui doit être élevée dans la langue française.

Progression selon les cinq périodes

1ère période : MS1 : Les mots à ranger sont composés **de 1 ou de 2 syllabes orales**.

2ème période : MS2 : Les mots à ranger sont composés **de 1, de 2 ou de 3 syllabes orales**.

3ème période : GS1 : Les mots à ranger sont composés **de 1, de 2 ou de 3 syllabes orales**.

4ème période : GS2 : Les mots à ranger sont composés **de 2, de 3 ou de 4 syllabes orales**.

5ème période : GS3 : Les mots à ranger sont composés **de 2, de 3 ou de 4 syllabes orales**.



Activité LA5 : En route vers l'école

Compétences en lien avec le programme

- Construire et employer un vocabulaire de base de plus en plus précis, en réception.
- Comprendre un message et agir ou répondre de façon pertinente.
- **Reconnaitre les objets et leurs propriétés dans des représentations symboliques.**

Description

L'élève doit **chercher sur une planche illustrée, l'élément, le personnage ou l'action correspondant à ce qui lui est demandé.**

L'élève travaille sur des noms **d'objets, des adjectifs, des verbes, ...** en lien avec les domaines sélectionnés : trois domaines ont été abordés « s'habiller », « cuisiner » et « travailler ». Un énoncé est prononcé et aborde des compositions de phrases de plus en plus complexes.

Les même mots cibles que ceux de l'activités « Les mots » (LA3) sont travaillés. En plus de cela, des verbes, adverbess et adjectifs sélectionnés selon le niveau de l'élève sont proposés dans les énoncés.

Sur l'application, cette activité est subdivisée en trois activités distinctes : une pour chaque domaine.

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : De nombreux mots-cibles sont proposés à l'élève sous forme d'énoncés courts. Il y a des noms (**fermeture éclair, manteau, pantalon, haricot vert, tomate, cerise, feutre, cahier et taille-crayon**), des verbes (**dessiner, ouvrir, enfiler, s'habiller, éplucher, laver et manger**), et aussi des adjectifs (**petit/grand, court/long, sucré/salé**).

2ème période (MS2) : De nombreux mots-cibles sont proposés à l'élève sous forme d'énoncés courts. Il y a des noms (**gants, casquette, collants, pépins, kiwi, oignon, harmonica, violon et disque CD**), des verbes (**porter, mettre, accrocher, découper, jouer, chanter et tenir**), et aussi des adjectifs (**petit/grand, fin/épais, sucré/salé, foncé/clair**).

3ème période (GS1) : De nombreux mots-cibles sont proposés à l'élève sous forme d'énoncés courts. Il y a des noms (**bottes, chemise, pyjama, saladier, tablier, balance, album, domino et dictionnaire**), des verbes (**cuire, mélanger, jouer, trier, lire, se chausser, porter**), et aussi des adjectifs (**uni/à motif, rayé/à pois, cru/cuit**).

4ème période (GS2) : De nombreux mots-cibles sont proposés à l'élève sous forme d'énoncés courts. Il y a des noms (**maillot de bain, salopette, lacets, bouilloire, congélateur, passoire, règle, chevalet et clef**), des verbes (**porter, déboutonner, chauffer, nettoyer, peindre, tracer et trier**), et aussi des adjectifs (**uni/à motif, large/serré, à lacets, gelé, sale**).

5ème période (GS3) : De nombreux mots-cibles sont proposés à l'élève sous forme d'énoncés courts. Il y a des noms (**débardeur, foulard, montre, micro-onde, pâtisserie, charcuterie, trampoline, cerceau et échelle**), des verbes (**ramper, sauter, grimper, être accroché, se régaler, goûter, faire cuire, lacer, se déguiser**), et aussi des adjectifs (**multicolore/transparent, à pois, sucré/salé, croquant, agile/maladroit**).



Activité LA6 : Syllaborobot

Compétences en lien avec le programme

- Reconnaître et manipuler les syllabes orales de mots
- Reconnaître des mots transformés :
 - Syllabe finale doublée
 - Syllabe du début à retirer
 - Syllabe de la fin à retirer
 - Syllabe inversée

Description

Dans cette activité, un robot qui prononce des mots d'une façon particulière est présenté à l'élève. Il doit **retrouver ce que le robot veut dire parmi des mots/images ou des sons**. Lorsqu'il a terminé, il valide.

De façon progressive, l'élève manipule les syllabes des mots.

Progression selon les cinq périodes

1ère période : MS1 : Pour commencer, le robot dit un mot de façon hachée, l'élève doit alors **retrouver la prononciation normale** et sélectionner une image. Ensuite, le robot dit un mot en doublant la syllabe finale, l'élève doit alors **retirer la syllabe en trop** et sélectionner une image.

2ème période : MS2 : Pour commencer, le robot dit un mot en doublant la syllabe finale, l'élève doit alors **retirer la syllabe en trop** et sélectionner une image. Ensuite, le robot dit un mot avec une syllabe en trop au début, l'élève doit alors **retirer la syllabe du début** et sélectionner un son. Ensuite, le robot dit un mot avec une syllabe en trop à la fin, l'élève doit alors **retirer la syllabe de la fin** et sélectionner un son.

3ème période : GS1 : Pour commencer, le robot dit un mot avec une syllabe en trop au début, l'élève doit alors **retirer la syllabe du début** et sélectionner un son. Ensuite, le robot dit un mot avec une syllabe en trop à la fin, l'élève doit alors **retirer la syllabe de la fin** et sélectionner un son. Ensuite, le robot dit un mot en inversant les syllabes, l'élève doit **remettre les syllabes à l'endroit** et sélectionner une image.

4ème période : GS2 : Pour commencer, le robot dit un mot avec une syllabe en trop au début, l'élève doit alors **retirer la syllabe du début** et sélectionner un son. Ensuite, le robot dit un mot avec une syllabe en trop à la fin, l'élève doit alors **retirer la syllabe de la fin** et sélectionner un son. Ensuite, le robot dit un mot en inversant les syllabes, l'élève doit **remettre les syllabes à l'endroit** et sélectionner une image.

5ème période : GS3 : Pour commencer, le robot dit un mot avec une syllabe en trop au début, l'élève doit alors **retirer la syllabe du début** et sélectionner un son. Ensuite, le robot dit un mot avec une syllabe en trop à la fin, l'élève doit alors **retirer la syllabe de la fin** et sélectionner un son. Ensuite, le robot dit un mot en inversant les syllabes, l'élève doit **remettre les syllabes à l'endroit** et sélectionner une image.



Activité LA7 : La petite histoire

Compétences en lien avec le programme

- Identifier des personnages, des actions et des lieux
- Situer dans l'espace des personnages, des objets et des actions
- Identifier les états mentaux et les motivations des personnages pour construire la logique du récit
- Identifier et reconnaître les caractéristiques de personnages archétypaux (ex. loup, sorcière)
- **Repérer des événements et leur chronologie, construire des relations de causalité.**

Description

Dans cette activité, dans un premier temps une **phase d'écoute de l'histoire** est proposée à l'enfant. Par la suite, l'enfant doit **répondre à des questions en choisissant parmi quatre vignettes** celle qui correspond. Les questions proposées concernent le **lieu**, les **personnages** et les **objets clefs** de l'histoire. L'univers exploré est celui de la classe ainsi que celui des contes fantastiques.

Puis une **seconde écoute est proposée avec des illustrations**. D'autres questions sont posées à l'élève : ces questions mettent en lien actions et personnages ainsi que lieux et personnages.

Enfin, une **dernière écoute** est proposée toujours avec des illustrations. L'enfant doit maintenant remettre dans l'**ordre chronologique** des images correspondant à l'histoire racontée.

L'enfant travaille ainsi sa compréhension d'histoires courtes ainsi que la temporalité du récit.

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : La première histoire raconte un évènement de la vie quotidienne de l'enfant dans la salle de sieste de l'école.

2ème période (MS2) : L'histoire raconte un évènement de la vie quotidienne de l'enfant dans la salle de sieste de l'école.

3ème période (GS1) : L'histoire raconte un évènement de la vie quotidienne de l'enfant dans la salle de récréation de l'école.

4ème période (GS2) : L'histoire raconte un conte avec le **personnage archétypique du loup**.

5ème période (GS3) : L'histoire raconte un conte avec le **personnage archétypique de la sorcière**.



Activité LA8 : La maison des rimes

Compétences en lien avec le programme

- Identifier des unités sonores, repérer des ressemblances : les rimes

Description

Dans cette activité, une maison d'images est présentée à l'élève. Il doit **ranger dans la maison les mots/images qui finissent par la même syllabe ou le même son**. Chaque maison contient déjà des images au départ afin d'identifier la rime de base à retrouver. Les images sont aussi décrites oralement et il est possible de les réécouter à tout moment.

Le passage de la syllabe au phonème pour les rimes ne concerne que la dernière période de grande section.

Progression selon les cinq périodes

1ère période : MS1 : Les **sons des syllabes** travaillés pour les rimes sont **simples et bien différenciés**. Il y a toujours **2 mots à placer** dans la maison sur 4 possibilités.

2ème période : MS2 : Les **sons des syllabes** travaillés pour les rimes sont **simples et bien différenciés**. Il y a toujours **1 ou 2 mots à placer** dans la maison sur 4 possibilités.

3ème période : GS1 : Les **sons des syllabes** travaillés pour les rimes sont **simples et bien différenciés**. Il y a toujours **2 ou 3 mots à placer** dans la maison sur 6 possibilités.

4ème période : GS2 : Les **sons des syllabes** travaillés pour les rimes sont **complexes et peu différenciés**. Il y a toujours **1, 2 ou 3 mots à placer** dans la maison sur 6 possibilités.

5ème période : GS3 : Les **sons des phonèmes** travaillés pour les rimes sont **bien distincts à la fin des mots**. Il y a toujours **3 mots à placer** dans la maison sur 6 possibilités.



Activité LA9 : La grande histoire

Compétences en lien avec le programme

- Identifier des personnages, des actions et des lieux
- Situer dans l'espace des personnages, des objets et des actions
- Identifier les états mentaux et les motivations des personnages pour construire la logique du récit
- Identifier et reconnaître les caractéristiques de personnages archétypaux (ex. loup, sorcière)
- Repérer des événements et leur chronologie, construire des relations de causalité.

Description

Dans cette activité, dans un premier temps une **phase d'écoute de l'histoire** est proposée à l'enfant. Par la suite, l'enfant doit **répondre à des questions en choisissant parmi quatre vignettes celle qui correspond**. Les questions proposées concernent le **lieu**, les **personnages** et les **objets clefs** de l'histoire. L'univers exploré est celui de **la classe** ainsi que celui **des contes fantastiques**.

Puis une **seconde écoute est proposée avec des illustrations**. D'autres questions sont posées à l'élève : ces questions mettent en lien actions et personnages ainsi que lieux et personnages.

Enfin, une **dernière écoute** est proposée toujours avec des illustrations. L'enfant doit maintenant remettre dans **l'ordre chronologique** des images correspondant à l'histoire racontée.

L'enfant travaille ainsi sa compréhension d'histoires plus longues ainsi que la temporalité du récit. Les histoires sont inspirées des histoires proposées dans LA7 (La petite histoire).

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : La première histoire raconte un évènement de la vie quotidienne de l'enfant dans la salle de sieste de l'école.

2ème période (MS2) : L'histoire raconte un évènement de la vie quotidienne de l'enfant dans la salle de sieste de l'école.

3ème période (GS1) : L'histoire raconte un évènement de la vie quotidienne de l'enfant dans la salle de récréation de l'école.

4ème période (GS2) : L'histoire raconte un conte avec **le personnage archétypique du loup**.

5ème période (GS3) : L'histoire raconte un conte avec **le personnage archétypique de la sorcière**.



Activité LA10 : Le chemin des devinettes

Compétences en lien avec le programme

- Reconnaître un vocabulaire de base de plus en plus précis, en réception.
- Comprendre une définition et lui associer une représentation symbolique.

Description

L'élève doit **chercher sur une planche illustrée, l'élément, le personnage ou l'action correspondant à ce qui lui est demandé**. Lors de cette activité, le mot cible n'est pas directement prononcé. Ainsi, une définition du mot ou de l'action est proposée.

L'élève travaille sur des noms d'objets, des adjectifs, des verbes, ... en lien avec les domaines sélectionnés : trois domaines ont été abordés « s'habiller », « cuisiner » et « travailler ». Un énoncé est prononcé et aborde **des compositions de phrases de plus en plus complexes**.

Les même mots cibles que ceux de l'activités « Les mots » (LA3) sont travaillés. En plus de cela, des verbes, adverbes et adjectifs sélectionnés selon le niveau de l'élève sont proposés dans les énoncés.

Progression selon les cinq périodes

1ère période (MS1) : Les définitions des mots-cibles suivants sont données à l'enfant : **pantalon, manteau, fermeture éclair, robe courte, chaussons, jupe courte, feutre rouge, cahier, taille-crayon, dessiner, ciseaux, table, cerise, tomate, haricot vert, aliment salé, éplucher et fourchette.**

2ème période (MS2) : Les définitions des mots-cibles suivants sont données à l'enfant : **harmonica, disque CD, bureau, violon, armoire, trompette, oignon, poubelle, pépins, kiwi, découper, cerise, objet accroché au mur, casquette, gants, collants, manteau, chaussettes.**

3ème période (GS1) : Les définitions des mots-cibles suivants sont données à l'enfant : **tablier, crêpes sucrées, préparations à crêpes, aliment cru, balance, mélanger, chemise, bottes, manteau à motif, complètement habillé, pyjama, short, dictionnaire, album, dominos, trier, bibliothèque, perles.**

4ème période (GS2) : Les définitions des mots-cibles suivants sont données à l'enfant : **manteau avec fermeture éclair, maillot de bain, lacets, salopette, pantalon serré, chemise, règle, peindre, cartes, chevalet, tablier, puzzle, passoire, congélateur, balance, bouilloire, poêle, marmite bouillante.**

5ème période (GS3) : Les définitions des mots-cibles suivants sont données à l'enfant : **cerceau, trampoline, échelle, agile, raquette, bicyclette, se régaler, pâtisseries, four micro-onde, découper, charcuterie, croquant, montre, débardeur, foulard, parapluie, ceinture, pullover.**

ANNEXE 2.

Contribution d'une application éducative aux apprentissages en littératie et en numératie émergentes : une recherche quasi- expérimentale

Youssef Tazouti¹, Aude Thomas¹, Lara Hoareau¹, Annette Jarlégan², Christophe
Luxembourger¹, Blandine Hubert¹ et Jean-Paul Fischer¹

¹ Université de Lorraine, 2LPN

² Université de Lorraine, LISEC

Article à soumettre au *Journal of Educational Psychology*

Résumé :

Des travaux récents ont montré que l'utilisation d'applications éducatives dans le contexte scolaire peut renforcer les compétences en littératie et en numératie émergentes des enfants. Les applications éducatives peuvent présenter des nouvelles opportunités d'apprentissage à conditions de posséder des qualités pédagogiques et que leur utilisation en classe soit l'objet d'une programmation pédagogique. Ainsi, cette étude a pour objectif d'examiner la contribution d'une application éducative (AppLINO) utilisée dans le contexte de la classe aux apprentissages des élèves en littératie et numératie émergentes. L'application AppLINO a fait l'objet d'une co-conception par une équipe pluri-catégorielle et possède de nombreuses qualités pédagogiques. La recherche a porté sur 725 enfants âgés de 4 à 5 ans. C'est la première en France adoptant une approche quasi-expérimentale au niveau de l'école maternelle. Dans le groupe contrôle les enfants suivaient le programme scolaire habituel. Dans le groupe expérimental les enfants ont utilisé l'application AppLINO pendant 10 semaines. Les analyses de régression multiniveau ont montré que les enfants du groupe expérimental scolarisés dans des écoles hors réseau d'éducation prioritaire ont de meilleures performances en fin d'année que les autres. Des éléments d'explication des effets partiels de l'intervention sont discutés et des pistes d'amélioration sont évoquées.

Mots clefs : application éducative, littératie émergente, numératie émergente, analyses multiniveaux

Keywords: educational app, early literacy, early numeracy, multilevel analysis

Introduction

De nombreuses recherches montrent que les compétences en littératie émergente (LE) et en numératie émergente (NE) sont prédictives des compétences académiques ultérieures (Duncan et al., 2007 ; Jordan et al., 2009 ; National Early Literacy Panel [NELP], 2008). Les enfants qui ont du retard dans les apprentissages émergents continuent généralement à se développer plus lentement que leurs pairs plus avancés et risquent de ne pas rattraper le retard cumulé (e.g. Hooper et al., 2010). Ainsi, des travaux ont proposé des programmes d'intervention dans le contexte scolaire pour renforcer les compétences de LE et NE des enfants par des applications éducatives (e.g. Outhwaite et al., 2019). Ces dernières peuvent présenter des nouvelles opportunités d'apprentissage à conditions de posséder des qualités pédagogiques comme par exemple l'explicitation des consignes ou encore la présence de feedbacks (Hirsh-Pasek et al., 2015) et que leur utilisation en classe soit l'objet d'une programmation pédagogique (Neumann, 2018).

Par ailleurs, plusieurs auteurs soulignent la nécessité de recherches supplémentaires adoptant une approche rigoureuse expérimentale ou quasi-expérimentale pour examiner les liens entre l'utilisation des applications éducatives et les apprentissages des enfants (Cheung & Slavin, 2013 ; Haßler et al., 2015).

1. Littératie et numératie émergentes

1.1. La littératie émergente

La littératie émergente fait référence aux compétences, connaissances et attitudes qui constitueraient des précurseurs développementaux des formes conventionnelles de lecture et d'écriture (Whitehurst & Lonigan, 1998). Pour qu'une compétence de littératie soit qualifiée d'émergente elle doit remplir deux conditions. Tout d'abord, elle doit être présente avant l'apprentissage des compétences conventionnelles de littératie. Ensuite, elle doit être corrélée aux compétences ultérieures de littératie. Lonigan & Shanahan (2009) ont ainsi identifiés onze compétences émergente de LE: (1) la connaissance de l'alphabet ; (2) la conscience phonologique ; (3) la dénomination rapide et automatique des lettres ou des chiffres/nombres ; (4) la dénomination rapide et automatique d'objets ou de couleurs ; (5) l'écriture ou l'écriture du prénom ; (6) la mémoire phonologique ; (7) les concepts sur l'écrit ; (8) la connaissance de

l'écrit ; (9) la préparation à la lecture ; (10) le langage oral ; et (11) le traitement visuel. Parmi ces onze dimensions trois dimensions sont particulièrement prédictives des compétences ultérieures et sont parmi les dimensions les plus étudiées dans la littérature (Catts et al., 2015; Lonigan et al., 2008; Piquard-Kipffer & Sprenger-Charolles, 2013) : connaissance des lettres, conscience phonologique et langage oral.

La connaissance des lettres renvoie à la connaissance du nom et du son des lettres ainsi qu'à l'écriture de lettres isolées et constitue l'un des plus puissants prédicteurs de la réussite ultérieure en lecture (Foulin, 2007 ; Puranik et al., 2013). Tout d'abord, de nombreuses recherches ont montré que la dénomination des lettres est prédictive de la reconnaissance des mots (Negro & Genelot, 2009) et est aussi prédictive des performances ultérieures de compréhension de textes (Schatschneider et al., 2004). Ensuite, la connaissance du son et du nom des lettres de l'alphabet serait également nécessaire au développement de la conscience phonémique (Foulin, 2005). Enfin, la capacité à écrire un plus grand nombre de lettres serait un prédicteur des performances en lecture et en orthographe (Kim et al., 2014).

La conscience phonologique correspond à la détection et à la manipulation des unités sonores du langage oral, comme par exemple l'identification de syllabes, rimes et phonèmes ou encore la suppression de syllabes (Briquet-Duhazé & Rezrazi, 2014). Les compétences en conscience phonologique du jeune enfant apparaissent dans la littérature comme étant le meilleur prédicteur des performances de lecture (*e.g.* Wagner et al., 1994) que ce soit en termes d'acquisition du principe alphabétique (Wagner & Torgesen, 1987), de décodage (Anthony et al., 2007b) ou encore de compréhension. De même, la conscience phonologique est aussi un fort prédicteur des compétences orthographiques (Kim et al., 2014)

Le langage oral renvoie à deux sous-dimensions : le vocabulaire et la compréhension. Le vocabulaire fait référence à l'usage des mots de la langue employés couramment par une personne. Le vocabulaire est l'un des éléments fondamentaux de l'apprentissage de la lecture et de l'écriture. Les élèves ayant de faibles compétences en vocabulaire auraient plus de probabilité de rencontrer des difficultés en lecture et en écriture (Catts et al., 2001; Scarborough, 1998; Whitehurst & Lonigan, 2001). De plus, le vocabulaire joue un rôle important pour les fondements de la compréhension de lecture (Muter et al., 2004; Oakhill et al., 2003). La compréhension correspond quant à elle à l'interprétation par le lecteur de l'information, à l'utilisation de connaissances préalables pour interpréter cette information et à la construction d'une représentation ou d'une image mentale cohérente sur le texte (Kendeou et al., 2007). Les compétences de langage oral sont des prérequis de la lecture de mots et de la compréhension de la lecture (Massonnié et al., 2019; Oakhill et al., 2003). Ainsi, la compréhension orale au

préscolaire a un fort impact sur la compréhension en lecture (Bianco et al., 2010 ; Kendeou et al., 2009).

1.2. La numératie émergente

Les compétences mathématiques précoces regroupent plusieurs domaines comme la numératie, la géométrie, la modélisation et la résolution de problèmes (Jordan et al., 2007; NMAP, 2008; NRC, 2009). Ces compétences précoces, même si elles sont distinctes, se développent en interaction pour construire les compétences mathématiques plus avancées (Aunola et al., 2004; Purpura et al., 2013). Plusieurs auteurs soulignent qu'en reliant les nouvelles connaissances à celles déjà acquises les enfants sont en mesure de développer une compréhension mathématique profonde. Cela s'effectue selon une trajectoire d'apprentissage bien identifiée (Clements & Sarama, 2004). Nous nous intéressons tout particulièrement ici aux compétences de numératie émergente. D'après le modèle proposé par Purpura et al. (2013) l'enfant traverse trois phases : une première phase de connaissances numériques informelles, une seconde de connaissances liées au nombre et une dernière de connaissances numériques formelles.

Les connaissances numériques informelles sont des compétences qui peuvent être acquises avant ou en dehors de l'école et utilisant des techniques non conventionnelles et des stratégies auto-inventées plutôt que des symboles ou des algorithmes conventionnels (Ginsburg, 1977). Purpura et al. (2013) en référence aux travaux de Krajewski et Schneider (2009) ont distingué trois niveaux de développement des compétences numériques informelles. Le premier niveau concerne les compétences de base comme distinguer et comparer des quantités et apprendre la chaîne verbale numérique. Le deuxième niveau correspond au dénombrement. Plus spécifiquement, il s'agit d'appliquer la séquence de comptage à des ensembles fixes via la correspondance terme à terme et de relier des mots de nombres et des quantités spécifiques par l'intermédiaire du principe cardinal (Gelman & Gallistel, 1978) ou de la subitisation. Le troisième est dernier niveau concerne les opérations simples sur des quantités présentées à l'oral comme la résolution de problèmes à histoire.

Le développement des connaissances liées au nombre débute peu de temps après l'acquisition de certaines aptitudes numériques informelles, comme la connaissance la chaîne verbale numérique ou encore la capacité d'associer des quantités à des mots numériques (Krajewski & Schneider, 2009 ; Sarama & Clements, 2009). L'acquisition des mots de nombres, l'identification et la désignation des chiffres arabes ou encore les correspondances

entre chiffres écrits et collections d'objets sont toutes des connaissances liées aux nombres. Dès que les enfants distinguent les chiffres d'autres symboles (par exemple, distinguer chiffres et lettres), ils peuvent commencer à associer des noms aux symboles écrits. A l'âge de quatre ans, environ un quart des enfants peuvent identifier les chiffres de 1 à 9 (Ginsburg & Baroody, 2003). De plus, la capacité des enfants à identifier des chiffres écrits et à les associer à des mots de nombres et à des quantités numériques s'est révélée être un fort prédicteur des compétences mathématiques formelles ultérieures (Lembke & Foegen, 2009).

Les connaissances numériques formelles font référence à des compétences enseignées à l'école et à l'utilisation de la notation numérique écrite conventionnelle ainsi que des algorithmes écrits (Ginsburg, 1977). Cet aspect ne sera pas abordé dans cet article étant donné que ces apprentissages se réalisent essentiellement à partir du CP (*first grade*) dans le système éducatif français.

2. Les applications éducatives sur tablette et les apprentissages des enfants d'âge préscolaire

2.1. Ecran tactile et apprentissages

Les recherches ont montré que les outils numériques peuvent soutenir le développement cognitif et social des jeunes élèves lorsqu'elles sont intégrées à l'enseignement de manière réfléchie (Åberg et al., 2014 ; McCarrick & Xiaoming, 2007 ; Pelletier et al., 2006 ; Voogt & McKenney, 2008). Il a été démontré que les jeunes enfants, lorsqu'ils utilisent les outils numériques dans le cadre de leur programme d'études, développent leurs capacités de réflexion (Ching et al., 2006), participent à des modèles d'interaction positive entre pairs (McCarrick & Xiaoming, 2007 ; Shahrinin & Butterworth, 2001) et s'engagent dans un apprentissage autonome et constructif du langage (Fridin, 2014)

Grace à leurs propriétés ergonomiques, les tablettes tactiles permettent aux enfants d'interagir plus facilement avec le monde numérique dès leur plus jeune âge (Marsh et al., 2015 ; Merchant, 2015). En effet, les tablettes diffèrent des ordinateurs traditionnels par leur poids plus léger et leur caractère transportable. Contrairement aux ordinateurs commandés par souris qui nécessitent un plus grand contrôle de la motricité fine, les enfants dès leur plus jeune âge réalisent des actions tactiles comme taper, glisser ou glisser-déposer. Les caractéristiques multimodales des tablettes (c'est-à-dire, les sons, les animations et le texte) attirent de surcroît l'attention des jeunes enfants de manière multisensorielle en stimulant les sens visuel, auditif, kinesthésique et tactile (Roskos et al., 2014). Ainsi les tablettes éliminent des obstacles

opérationnels et offrent des possibilités d'apprentissage et une interactivité importante au cours des premières années notamment dans la salle de classe (Merchant, 2015 ; Sheehan & Uttal, 2016).

Une série de recherches empiriques a été menée pour déterminer si l'utilisation des écrans tactiles dans le cadre de l'enseignement entraîne une amélioration des résultats d'apprentissage des jeunes enfants. Certaines études ont montré un effet bénéfique sur les résultats d'apprentissage des jeunes enfants (e.g. Papadakis et al., 2018 ; Patchan & Puranik, 2016 ; Schacter & Jo, 2016 ; Wang et al., 2016). D'autres études n'ont pas trouvé d'effet bénéfique sur les résultats d'apprentissage (e.g. Piotrowski & Krcmar, 2017 ; Schroeder & Kirkorian, 2016 ; Zipke, 2017). De même, un certain nombre d'études ont indiqué que l'apprentissage sur écran tactile ne montrait pas de supériorité par rapport à d'autres méthodes d'apprentissage plus traditionnelles, comme l'apprentissage avec des objets physiques (Huber et al., 2016) ou sur papier (Kwok et al., 2016). Par ailleurs, dans de rares études on a trouvé un impact négatif de l'apprentissage par écran tactile sur les performances des enfants (e.g., Parish-Morris et al., 2013).

Xie et al. (2018) soulignent que les recherches sur les effets de l'utilisation des écrans tactiles sur les apprentissages ne se sont pas intéressées aux variables modératrices qui peuvent expliquer l'efficacité ou non des écrans tactiles. Il s'agit par exemple des caractéristiques des enfants (par exemple, âge, sexe), du domaine d'apprentissage considéré ou encore du plan expérimental utilisé dans la recherche. Ainsi, dans leur méta-analyse Xie et al. (2018) montrent que les situations d'apprentissages impliquant l'usage de la tablette sont plus bénéfiques comparativement aux autres situations ne l'utilisant pas. Ils constatent également que, plus un enfant est âgé, plus son apprentissage serait efficace avec la tablette. La tablette s'avèrerait aussi plus efficace dans l'apprentissage des matières technologiques, scientifiques et mathématiques. Enfin, les enfants apprendraient mieux avec la tablette dans un environnement classe plutôt qu'en laboratoire. Griffith et al. (2020), soulignent que les études concernant ce sujet sont hautement hétérogènes. Toutefois, dans leur revue systématique de la littérature, ils trouvent des résultats comparables à la méta-analyse de Xie et al. (2018). Utiliser une application éducative interactive est positive pour le développement des apprentissages des enfants.

2.2. Les applications éducatives sur tablette et les apprentissages en LE et en NE

Un certain nombre d'études montre que les applications éducatives sur tablettes permettent aux jeunes enfants de développer leurs compétences en littératie émergente

(Crescenzi et al., 2014 ; Cubelic & Larwin, 2014 ; Kucirkova et al., 2013 ; Marsh, 2016 ; Neumann & Neumann, 2014, 2015 ; Neumann et al., 2016). Certaines recherches ont montré un impact positif de l'usage des livres électroniques sur le développement des compétences en littératie émergente des enfants telles que la connaissance des lettres, le vocabulaire (De Jong & Bus, 2004 ; Moody, 2010; Neumann, 2018) ou encore sur la conscience phonologique (Chera & Wood, 2003 ; Karemaker et al., 2010 ; Wood et al., 2010).

Concernant la numératie émergente, le travail d'Outhwaite et al. (2017) a montré que l'utilisation d'applications éducatives sur tablette peut constituer une aide individualisée efficace pour le développement des compétences mathématiques précoces. D'autres recherches vont également dans le même sens (e.g. Ingram et al., 2016 ; Pitchford, 2015, Schacter & Jo, 2016) et soulignent que les résultats sont positifs lorsque le contenu des applications est basé sur un programme solide et bien construit, adapté au stade de développement de l'enfant. Par ailleurs, certaines recherches récentes ont produit des résultats positifs avec des dispositifs à écran tactile comme outils qui peuvent transformer et enrichir l'apprentissage formel et informel des mathématiques (Larkin & Calder, 2016 ; Melhuish & Falloon 2010 ; Milman et al., 2014 ; Moyer-Packenham et al., 2016).

3. Les conditions d'efficacité des applications éducatives dans le contexte de la classe

De nombreuses applications éducatives ont été développées par des sociétés commerciales et peu par des équipes universitaires (e.g. Schacter & Jo, 2016). Même si ces applications présentent quelques qualités éducatives, elles s'avèrent souvent inadaptées à l'environnement de la classe et à l'activité de l'enseignant. Pour pallier ce problème, il est important : 1° de développer les applications éducatives dans une démarche de co-conception ; 2° de doter les applications de qualités pédagogiques favorisant l'apprentissage et 3° de former les enseignants à l'utilisation des applications.

3.1. La co-conception

Kucirkova (2016) a proposé le modèle de co-conception iRPD (*Research, Practice and Design framework*) qui se base sur cinq principes clefs. Le premier principe concerne la triple collaboration chercheurs-praticiens-concepteurs. Cela permet une meilleure implémentation de l'application dans le milieu souhaité. Dans cette perspective, des discussions, journées d'études ou workshops sont proposés afin de permettre un développement itératif de l'application. Le

deuxième principe requiert que les trois types d'acteurs engagés dans la conception de l'application partagent un même socle de connaissances concernant l'environnement d'apprentissage et les compétences des enfants afin de faciliter la communication. Le troisième principe de ce modèle se réfère à la prise en compte des facteurs socio-culturels lors du développement de l'application. Lors de la co-conception, des interactions entre les croyances, les valeurs et les normes des divers acteurs peuvent être observées. Tous ces facteurs limitent ou soutiennent la collaboration entre eux. Le quatrième principe renvoie aux affordances. C'est-à-dire que les membres de l'équipe ont besoin d'utiliser et d'examiner l'outil afin de se rendre compte des possibilités qu'il offre. Par exemple, Pegrum et al. (2013) ont constaté que les tablettes peuvent contribuer à l'enseignement, mais que les enseignants doivent avoir la motivation, le temps et suffisamment d'opportunités pour analyser les affordances des appareils utilisés. Le cinquième principe fait référence au rôle central et actif de l'enfant dans le processus de co-conception. Il est recommandé de lui demander ses retours sur l'application et d'en observer sa prise en main.

3.2. Les qualités pédagogiques des applications éducatives

Pour Hirsh-Pasek et al. (2015), les applications éducatives sur tablette représentent une façon différente et intéressante de faire entrer les enfants dans les apprentissages, notamment à l'école maternelle, tant que leur utilisation fait l'objet d'une réflexion pédagogique. Elles permettent un accompagnement individualisé des élèves en fonction de leurs compétences. Hirsh-Pasek et al. (2015) se basent sur les connaissances issues des sciences de l'éducation afin de définir de quelles façons des applications à destination d'enfants de 0 à 8 ans peuvent avoir un potentiel éducatif. Ils ressortent quatre piliers : l'apprentissage actif, l'engagement, la mise en sens et l'interaction sociale. La qualité des apprentissages est alors d'autant plus garantie lorsque les piliers sont associés à une explicitation de la finalité de ces apprentissages.

L'apprentissage actif se réfère à l'implication cognitive (« mind-on ») de l'enfant dans la tâche qui lui est proposée. Ainsi, les réponses qu'ils donnent ne viennent pas de la simple réaction à un stimulus (« mind-less »). L'application doit offrir à l'enfant un niveau de contrôle approprié lui permettant d'aller à son rythme tout en maintenant son intérêt. L'engagement se réfère à la possibilité que donne la tablette de favoriser l'attention soutenue de l'enfant. Cet engagement est possible, par exemple : 1° en évitant les distractions à l'écran ; 2° en travaillant sur la « responsivité » (réponse immédiate de l'interface à l'action de l'utilisateur) et sur l'ajustement des feedbacks de l'appareil ; 3° ou encore en travaillant la cohérence des tâches

proposées. La mise en sens se réfère à la possibilité que donne l'activité à l'enfant de faire des liens entre ce qu'il apprend et son expérience personnelle, mais aussi d'étendre ses connaissances afin d'élaborer de nouveaux concepts. L'interaction sociale se réfère aux échanges riches que peut potentiellement avoir l'enfant avec ses pairs ou d'autres individus (coopération/collaboration), mais aussi avec les potentiels personnages de l'application *via* l'interaction parasociale.

Il est important également que l'apprentissage se fasse grâce à l'étayage des interactions des enfants avec les tablettes par un adulte ou grâce aux caractéristiques intégrées dans l'application elle-même (Neumann & Neumann, 2016 ; Yelland & Masters, 2007).

3.3. La nécessité de former les enseignants à l'usage des nouvelles technologies

L'introduction des écrans tactiles dans les classes de maternelle a été accompagnée d'un débat sur les intérêts et les risques que cela représente pour les enfants d'âge préscolaire. Des inquiétudes ont été soulevées quant à l'impact du temps d'usage des écrans sur l'apprentissage et le développement des jeunes enfants (Greenfield, 2015; Sigman, 2012). L'*American Academy of Pediatrics* (2016) recommande que le temps d'écran des enfants âgés de 2 à 5 ans soit limité à une heure par jour d'expériences médiatiques de haute qualité (c'est-à-dire, présence de l'adulte et usage actif). Dans ce sens, il est important que les parents et les éducateurs supervisent l'utilisation des écrans afin de favoriser un développement sain (Neumann, 2015). Ces préoccupations ont eu probablement des effets sur les opinions des parents et des enseignants du préscolaire concernant l'intégration des tablettes tactiles en classe (Blackwell et al., 2013 ; Wang & Hoot, 2006), d'où l'intérêt de la formation des enseignants à l'usage des nouvelles technologies.

Dans leur méta-analyse, Archer et al. (2014) soulignent que l'efficacité d'un outil numérique peut être augmentée par l'apport d'une formation et d'une aide aux enseignants. De leur côté, Stockless et al. (2018) montrent que la maîtrise d'un outil numérique par les enseignants impacte son implémentation et son utilisation pédagogique en classe. De même, Yelland (2018) souligne le fait que les nouvelles technologies ne doivent pas être vues comme des remplacements ou en compétition avec les autres outils pédagogiques de la classe. Au contraire, elles doivent être acceptées comme des outils complémentaires à la pratique et offrant des modalités variées d'apprentissage. Ainsi, la formation est un facteur important qui favorise l'acceptance des nouvelles technologies par les enseignants (Alexandre et al. 2018 ; Granić & Marangunić, 2019).

4. La présente étude

4.1. Projet LINUMEN

Cette recherche s'inscrit dans le cadre du projet LINUMEN (Littératie et NUMératie Emergentes par le Numérique). Ce dernier avait comme objectif de développer et de tester une application éducative sur tablette proposant des activités pour développer les compétences en littératie et numératie émergentes d'enfants d'âge préscolaires. Le développement de l'application s'est fait dans une démarche de co-conception entre des chercheurs et des acteurs éducatifs (enseignants, conseillers pédagogiques et inspecteurs de l'éducation nationale). Pour ce faire, nous nous sommes basés sur le modèle de co-conception iRPD (Kucirkova, 2016). Le but étant de proposer une application avec des qualités éducatives adaptées à la fois aux enfants d'âge préscolaire ainsi qu'aux contraintes pédagogiques de la salle de classe de l'école maternelle française. Le travail de co-conception a duré un an et demi et a permis de créer une application éducative sur tablette tactile appelée AppLINOU (Apprendre avec Linou en maternelle). Elle fait partie des rares applications françaises développées par une équipe universitaire pour des enfants d'âge préscolaire (e.g. Hoareau et al., 2020).

AppLINOU comporte vingt activités travaillant différentes compétences de littératie et de numératie émergente. Toutes les activités proposées recouvrent cinq périodes du début de la MS jusqu'à la fin de la GS en proposant des exercices à la difficulté progressive et adaptée à l'âge des enfants. Le passage d'une période à la suivante s'accompagne d'une augmentation du niveau de difficulté. Chaque période comprend en moyenne une quinzaine d'items de difficulté variable. Ces activités présentent des plus-values éducatives proposées essentiellement par une mascotte. Son rôle est d'expliquer à l'enfant ce qu'il va apprendre dans l'activité avant qu'elle ne commence, mais aussi de donner les feedbacks lors des exercices. Dans AppLINOU, lorsque l'enfant réussit un item, il reçoit un feedback évaluatif positif et motivant de la part de la mascotte. S'il échoue, il est incité une première fois à recommencer avec un feedback évaluatif négatif et motivant. S'il échoue à nouveau, un étayage lui est proposé. L'objectif étant de l'aider à trouver la bonne solution. Enfin, s'il échoue malgré l'étayage une correction détaillée lui est proposée en tant que feedback correctif.

Les activités de l'application proposent des manipulations simples et adaptées à l'enfant : drag-and-drop et sélection d'image. D'autres fonctionnalités ont été introduites pour rendre le travail de l'enfant pédagogiquement intéressant. Un bouton de validation de la réponse choisie force l'enfant à faire une action supplémentaire qui lui laisse le temps de réfléchir par rapport

au choix de sa réponse contrairement à une validation automatique. De même, un autre bouton permet à l'enfant de réécouter la consigne à tout moment. Par ailleurs, une barre de progression permet à l'enfant de se situer par rapport aux items et lui indique s'il a bientôt terminé l'activité ou non (*e.g.* Hoareau et al., 2020).

4.2. Hypothèses

De nombreuses études ont trouvé un impact positif de l'utilisation des applications éducatives sur tablette tactile sur les apprentissages des enfants notamment en LE et en NE (*e.g.* Outhwaite et al., 2017, Pitchford, 2015). Toutefois, plusieurs auteurs soulignent la nécessité de recherches supplémentaires adoptant une approche rigoureuse expérimentale ou quasi-expérimentale (Cheung & Slavin, 2013 ; Haßler et al., 2015 ; Neumann, 2018). Ainsi, la présente étude se fixe comme objectif principal d'examiner la contribution de l'application APPLINOU utilisée dans le contexte de la classe aux apprentissages des élèves en littératie et numératie émergentes. Ce travail est le premier en France adoptant une approche quasi-expérimentale au niveau du préscolaire. Notre étude à l'instar d'autres interventions a été conçue comme une aide pédagogique supplémentaire de la pratique ordinaire des enseignants (*e.g.* Berkowitz et al., 2015).

Nous faisons deux hypothèses générales. La première consiste à considérer que l'utilisation de l'application AppLINOU dans le contexte de la classe permet aux élèves du groupe expérimental de progresser plus en littératie émergente que les élèves du groupe contrôle. La seconde hypothèse postule le même type de progression en numératie émergente. Dans cette étude nous allons également examiner les effets de l'utilisation de l'application sur les différentes sous-dimensions de la littératie émergente.

5. Méthode

5.1. Protocole expérimental

AppLINOU a été testée selon une méthodologie quasi-expérimentale. Le groupe contrôle (GC) suivait normalement les programmes sans modification ou autres indications pour les enseignants. Dans le groupe expérimental (GE), les enseignants utilisaient l'application AppLINOU avec leurs élèves selon un protocole précis (*cf.* ci-dessous). En raison des contraintes pratiques et éthiques en France, nous avons fait le choix de mener une étude quasi-

expérimentale avec évaluation des performances avant et après au lieu d'un essai contrôlé randomisé (*randomized controlled trial*). Dans les plans quasi-expérimentaux - dans lesquels les participants ne sont pas affectés de manière aléatoire aux conditions expérimentales – l'estimation de l'effet ne peut pas être attribuée à l'intervention avec le même degré de confiance que dans les essais contrôlés randomisés. Plus précisément, un biais d'auto-sélection peut se produire. Toutefois, les plans quasi expérimentaux avec des groupes expérimentaux et des groupes témoins qui sont pré et post-testés peuvent toujours fournir des informations sur l'efficacité d'une intervention (Institute of Education Sciences, IES, 2018). De plus, l'utilisation des analyses multiniveaux (*multilevel analysis*) et l'introduction de la performance moyenne des classes comme variable de niveau 2 (voir session analyse) permettent un contrôle partiel de l'effet enseignant qui pourrait résulter du biais d'auto-sélection (Chetty et al., 2014).

Dans le calendrier scolaire français, une année scolaire se déroule de septembre à juin. L'expérimentation a commencé en février 2019 alors que les élèves étaient scolarisés en moyenne section de maternelle, ce qui équivaut à un âge de 4,5 ans en moyenne. Le protocole réservé au GE consiste à utiliser l'application durant 10 semaines en classe. Chaque élève avait deux activités de littératie et deux activités de numératie par semaine. Toutes les séances suivaient un ordre prédéfini permettant ainsi aux élèves de développer des compétences de plus en plus complexes. La durée d'une activité est fixée de 10 à 15 minutes maximum.

Durant les 10 semaines, les enseignants organisaient physiquement et temporellement les séances comme ils le souhaitaient durant la semaine. Cependant, ils étaient contraints, d'une part, de respecter le calendrier prévu. Et, d'autre part, d'organiser les séances avec des groupes de quatre à six élèves maxima. Bien qu'il ait été recommandé que l'élève réalisent les séances en autonomie, l'enseignant devait être à disposition des élèves afin de réagir rapidement à leurs demandes.

5.2. Participants

Recrutement des enseignants

Après avoir obtenu les autorisations de la part des autorités académiques, les enseignants ont été recrutés sur la base du volontariat. Un courrier a été envoyé dans 7 circonscriptions du département pour recruter des enseignants du GE. Il précisait les objectifs et le calendrier de la recherche. Un autre courrier a été envoyé aux enseignants de 4 autres circonscriptions du

département pour recruter les enseignants du GC. Ce courrier évoque comme objet l'étude des liens entre l'environnement familial et les apprentissages des enfants.

Parmi les enseignants volontaires nous avons procédé à un échantillonnage raisonné en prenant deux critères : 1° l'appartenance au milieu rural vs urbain et 2° l'appartenance à des réseaux d'éducation prioritaire (REP) vs non-REP. En France, un certain nombre d'établissements font partie du REP. L'appartenance à ce réseau est déterminée par les faibles résultats des élèves aux évaluations nationales et par le niveau socioéconomique défavorisé des élèves fréquentant ces établissements. Conformément au principe d'équité, ces établissements bénéficient de ressources financières et humaines supplémentaires.

L'ensemble des enseignants du GE a suivi une formation de développement professionnel d'une durée de 10 heures. Cette formation apportait des notions théoriques concernant la littératie et la numératie émergentes ainsi qu'une formation à l'utilisation de l'application AppLINOUE. Avant le début de l'expérimentation, nous avons fourni aux enseignants un livret résumant toutes les notions et les spécificités de l'application éducative AppLINOUE.

Les élèves

Nous avons mené notre étude dans la région Lorraine située au nord-est de la France, qui compte environ 2,4 millions d'habitants. Les participants étaient 725 élèves de maternelle (356 filles et 369 garçons), âgés de 3,92 à 5,28 ans (moyenne = 4,42 ans, écart-type = 0,29) au début de l'expérimentation. Aucun des enfants de notre échantillon n'était connu pour avoir des difficultés de développement. Nous avons déterminé un indice du statut socioéconomique pour la famille de chaque enfant en combinant les scores de cinq indicateurs : le niveau d'éducation du père, le niveau d'éducation de la mère, la profession du père, la profession de la mère et le revenu du ménage. Ces informations ont été recueillies par le biais d'un questionnaire envoyé aux parents. Le niveau d'éducation le plus élevé déclaré par les parents a donné lieu à cinq catégories : 1 = enseignement obligatoire (mère = 13 %, père = 12 %), 2 = diplôme professionnel ou technique (M = 15 %, F = 19 %), 3 = diplôme d'études secondaires (M = 15 %, F = 20 %), 4 = licence (M = 20 %, F = 17 %) et 5 = master et plus (M = 37 %, F = 32 %). La profession du père et de la mère a été classée en six catégories (1 = ouvrier à 6 = cadre supérieur) selon la classification de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE ; <http://www.insee.fr/>). Le revenu mensuel des parents a été mesuré sur une échelle de 6 points allant de 1 = moins de 1000 à 6 = plus de 4000 € par mois. Le revenu familial moyen était de 2690 € (écart-type = 919 €). Les fortes corrélations entre ces cinq

indicateurs (elles vont de 0,51 à 0,71 et sont toutes significatives à $p < 0.01$) ont justifié leur regroupement. Le SSE a ensuite été mesuré par la moyenne des cinq indicateurs. Cette moyenne va de 1 à 5,2 (moyenne = 4,02, écart-type = 1,36, étendu 1 - 6,2).

5.3. Procédure d'évaluation

Après avoir obtenu le consentement écrit des parents, nous avons testé les enfants individuellement à l'école maternelle, dans une classe séparée réservée à cet effet. Les évaluations ont été menées par des assistants de recherche diplômés en psychologie et en sciences de l'éducation qui avaient reçu une formation de deux demi-journées à l'administration des tests et qui avaient suivi une procédure de test. Chaque examinateur a reçu un manuel d'administration et de notation. Pour chaque élément du test, l'examineur a noté la réponse de l'élève 1 si elle était correcte et 0 si elle ne l'était pas. Chaque sous-test a été interrompu par l'examineur après trois erreurs consécutives.

Les évaluations ont été administrées en plusieurs séances d'environ 15 minutes, en fonction des ressources attentionnelles de chaque enfant. Le pré-test a eu lieu juste avant l'intervention (en automne) et le post-test a été effectué juste après l'intervention (en printemps). Le temps passation moyen en littératie était de 28 minutes ($s=6$ minutes) en t1 et de 29 minutes ($s=6$ minutes) en t2. Concernant la numératie le temps moyen de 20 minutes ($s=5$ minutes) en t1 et de 21 minutes ($s=5$ minutes) en t2.

5.4. Equivalence entre le GE et le GC

Le tableau 1 montre que les tests t de Student pour des échantillons indépendants n'ont montré aucune différence entre le groupe expérimental et le groupe control en ce qui concerne l'âge, l'origine socioéconomique, le score dans les capacités cognitives générales et l'ancienneté des enseignants (toutes les valeurs de $p > .05$). Des tests χ^2 n'ont montré aucune différence de groupe dans la répartition des sexes et dans le pourcentage des élèves en REP. Il est à noter que 97 % des enseignants sont des femmes. Ce pourcentage ne diffère pas du chiffre national (95%, DEPP, 2019) qui reflète une forte féminisation du métier à ce niveau de scolarité.

Tableau 1.

Données démographiques des participants et variables de contrôle dans le GE et le GC

	Groupe		χ^2 ou t-test
	Expérimental (N = 448)	Contrôle (N = 277)	
Sexe (N filles)	223	146	$\chi^2(1,722) = .59, p = .44, ns$
Age (moyen et ET)	4.43 (.28)	4.41 (.30)	$t(723) = -1.86, p = .29, ns$
SES (moyen et ET)	3.94 (1.38)	4.19 (1.31)	$t(723) = 2.01, p = .052, ns$
Score des capacités cognitives générales	11.07	11.33 (3.34)	$t(723) = 1.02, p = .31, ns$
Pourcentage des élèves en REP	22.3	22.7	$\chi^2(1,722) = .02, p = .90, ns$
Ancienneté des enseignants en année	21.78 (8.21)	19.43 (7.94)	$t(70) = -.98, p = .34, ns$

5.5. Mesures

Littératie émergente

Pour mesurer le niveau des enfants en littératie émergente nous avons utilisé l'Echelle Préscolaire de Littératie Emergente (EPLE, Thomas et al. Sous-presse). Cette échelle est composée de 14 subtests mesurant différentes compétences de LE (*cf.* annexe. 1). Une analyse factorielle confirmatoire a été effectuée sur les scores aux subtests de LE. Le modèle testait une structure avec trois facteurs du premier ordre : connaissance des lettres, conscience phonologique et langage oral. Un facteur du second ordre regroupant les trois du premier ordre. Toutes les épreuves saturant de manière significative sur leur facteur respectif. L'adéquation des données au modèle est satisfaisante ($\chi^2 = 259$ pour 75 degrés de liberté ; $p = 0.01$; RMSEA (résidus) = 0.06 ; CFI = 0.96 ; NNFI = 0.95).

Numératie émergente

Pour mesurer le niveau des enfants en NE nous avons utilisé les 11 subtests en langue française développé par Thomas et al. (Sous presse) (*cf.* annexe. 2). Une analyse factorielle confirmatoire a été effectuée sur les scores aux subtests de numératie émergente. Cette analyse a montré l'aspect unidimensionnel de la numératie émergente : un seul facteur a été retenu. L'adéquation des données au modèle est satisfaisante ($\chi^2 = 184$ pour 42 degrés de liberté ; $p = 0.01$; RMSEA (résidus) = 0.07 ; CFI = 0.96 ; NNFI = 0.95).

Capacités cognitives générales

Pour mesurer les capacités cognitives générales, nous avons utilisé les matrices progressives de Raven (Raven, Court & Raven, 1995). Le score a été introduit comme variable de contrôle dans les modèles de régression. Nous l'avons utilisé également pour écarter de notre échantillon les enfants ayant un développement atypique.

6. Résultats

6.1. Fidélité de l'implémentation

Lors de l'utilisation d'AppLinou par les élèves dans les classes, nous avons enregistré via un dispositif informatique plusieurs informations comme, la nature de l'activité ou encore le temps que les élèves consacrent à chaque activité. Les traces des élèves ont été extraites de l'application et exporté dans un fichier « .csv » pour être ensuite analysées et transformées avec le langage de programmation Python en fichier compatible avec le logiciel SPSS.25. Sur les dix semaines de l'expérimentation, nous avons constaté que 98.4 % des activités prévues en littératie ont été effectuées. Ce chiffre est quasi identique pour les activités de numératie (98.2 %). Les enfants ont passé en moyenne 164.93 minutes sur les activités de littératie (ET = 33.88 minutes, étendu 51.78 - 302.77). Pour les activités de numératie le temps moyen 152.76 minutes (ET = 40.78 minutes, étendu 58.18 - 349.82). Nous n'avons pas constaté de différences dans le temps d'utilisation entre les écoles en REP et hors REP et pas différences non plus en fonction du sexe de l'enfant.

6.2. Analyses préliminaires de l'effet de l'interaction

A titre descriptif, le tableau 2 compare les performances du GC et du GE en T1 et T2 sur l'ensemble de l'échantillon ainsi que sur les sous-échantillons des écoles REP et non REP. On constate que sur l'ensemble de l'échantillon en T2 les différences de moyennes entre le GE et le GC ne sont pas statistiquement significatives. Lorsqu'on scinde l'échantillon en fonction du type d'école, les élèves du GE progressent significativement plus que ceux du GC aussi bien en LE qu'en NE. Pour les écoles de REP c'est le phénomène inverse qui se produit. Ces premiers résultats sont purement descriptifs. Les analyses de régression multiniveaux dans la section

suivante vont nous permettre de contrôler le niveau initial de l'élève ainsi que ses caractéristiques (sexe, âge et SES).

Tableau 2.

Comparaisons des moyennes du GC et GE en LE et en NE en T1 et en T2

	T1			T2		
	GC	GE	t-test	GC	GE	t-test
Total						
Score LE	.33 (.17)	.31 (.16)	ns	.44 (.17)	.44 (.19)	ns
Score NE	.40 (.20)	.40 (.21)	ns	.57 (.20)	.60 (.21)	ns
REP						
Score LE	.26 (.13)	.23 (.13)	ns	.41 (.17)	.31 (.18)	**
Score NE	.33 (.18)	.31 (.18)	ns	.56 (.20)	.49 (.24)	*
Non REP						
Score LE	.35 (.17)	.33 (.16)	ns	.45 (.17)	.48 (.17)	*
Score NE	.42 (.20)	.43 (.21)	ns	.58 (.20)	.63 (.19)	**

6.3. La modélisation multiniveau

Les analyses statistiques standard reposent sur l'hypothèse de l'indépendance des observations. Or pour les données ayant une structure hiérarchique, les individus ne sont pas indépendants étant donné que les personnes d'une même unité ont tendance à être semblables les unes aux autres. Ignorer la structure hiérarchique des données conduit à sous-estimer l'erreur standard et à obtenir de nombreux résultats faussement significatifs (Hox, 2010). Pour éviter les biais d'agrégation et les erreurs écologiques, la modélisation à plusieurs niveaux est nécessaire (e.g. Raudenbusch & Byrk, 2002). Il est important de noter que les analyses de régression à plusieurs niveaux sont également conçues pour contrôler les différences initiales qui sont statistiquement significatives entre les groupes.

Dans la présente étude, des équations de régression à plusieurs niveaux ont été utilisées pour analyser l'impact de l'intervention sur les résultats des élèves au post-test. Cinq variables de niveau 1 relatives aux élèves ont été prises en compte : le score au pré-test, le sexe, l'âge de l'enfant, le statut socio-économique et le score au facteur général de l'intelligence. Au niveau 2, dans un premier temps, quatre variables ont été incluses : la condition expérimentale, le score moyen de la classe au pré-test, la tonalité sociale de la classe (Moyen SES de la classe), et le type d'école. Dans un second temps, une variable d'interaction entre la condition expérimentale et le type d'école a été introduite dans l'équation.

Conformément aux recommandations des spécialistes de la modélisation à plusieurs niveaux (e.g. Peugh, 2010 ; Raudenbush & Bryk, 2002), et afin de faciliter l'interprétation des résultats, nous avons centré et réduit ($m = 0$, $s = 1$) toutes les variables, à l'exception des variables dichotomiques. Comme nous nous sommes surtout intéressés aux différences à l'intérieur des groupes, les variables ont été centrées sur la moyenne du groupe (Enders & Tofghi, 2007). Le logiciel MLwiN 3.05 a été utilisé pour estimer les paramètres (Rasbash et al., 2020). Afin de tester la signification des coefficients de régression, nous avons utilisé le test z pour les variables de niveau 1 et le test t pour les variables de niveau 2 (le nombre de degrés de liberté de t est égal à $N-q-1$, où N est le nombre d'unités de niveau 2 [c'est-à-dire 32 dans cette étude] et q est le nombre de variables explicatives de niveau 2 ; voir Snijders & Bosker, 1999).

Ainsi, les résultats des post-tests ont été analysés à l'aide de trois modèles à plusieurs niveaux : **Modèle 1** : modèle nul (ou modèle inconditionnel) sans des variables explicatives. Ce modèle nous a permis de diviser la variance totale du score en deux parties additives, correspondant à la variance inter-école et intra-école.

Modèle 2 : Nous avons introduit dans le modèle toutes les variables explicatives de niveau 1 et 2 (prédicteurs). Les intercepts étaient aléatoires (chaque classe avait sa propre intercept) mais les pentes des prédicteurs de niveau 1 étaient fixes. Ce modèle nous a permis de déterminer dans quelle mesure les résultats du post-test pouvaient être expliqués en termes de caractéristiques des élèves, des caractéristiques des classes ainsi que de l'effet de l'intervention. Il est important de noter que la variable dépendante ne consiste pas en des scores de gain (différences entre les scores du post-test et du pré-test), mais en des scores du post-test contrôlés par les scores du pré-test.

Modèle 3 : Nous avons introduit une variable relative à l'interaction entre le groupe et le type d'école.

6.3.1. Effet de l'intervention sur le développement des compétences de LE

Le tableau 3 indique que, quelle que soit la variable dépendante considérée (score total en LE ou les sous-dimensions de LE), la plus grande part des différences se situe entre élèves à l'intérieur des écoles (variance intra-écoles) : entre 79 et 93 % des différences de scores entre élèves s'expliquent par le fait que les élèves sont différents les uns des autres (âge, sexe, milieu social, niveau en début, etc.). Nous pouvons constater également que la part de variance inter-

école est plus importante pour la variable « langage orale » (21%) contre 11% pour la variable « conscience phonologique » et uniquement 7% pour la variable « connaissance des lettres ».

Concernant le score total de LE, l'introduction des variables explicatives (modèle 2) a permis d'améliorer significativement le modèle, $\chi^2(9,725) = 1206.18$, $p < .001$. Ensemble, ces variables expliquent 71 % de la variance intra-école ($100 \times (.83 - .24) / .83$) et 67,71% de la variance inter-école ($100 \times (.17 - .06) / .17$). Pour le modèle 3, l'introduction du terme d'interaction a permis d'améliorer également significativement le modèle $\chi^2(1,725) = 8.84$, $p < .001$. Ce dernier modèle ne permet pas d'expliquer plus de variance intra-école. En revanche, il permet d'expliquer 8,76% en plus de la variance inter-école.

Dans le modèle 2, les coefficients significatifs étaient, au niveau 1, le score de pré-test ($\beta = .77$, $p < .001$) et le SES ($\beta = .06$, $p < .05$). Le score de début d'année affecte positivement et très significativement le score de fin d'année. Un écart-type de plus au score initial s'accompagne en moyenne, toutes choses égales par ailleurs, d'une augmentation de .77 écart-type au score final. De même, les enfants de milieu sociaux favorisés obtiennent des meilleures performances en fin d'année toutes choses égales par ailleurs. Toujours dans le modèle 2, aucune de variable de niveau 2 n'a un effet significatif sur le score de post-test. Tout particulièrement, le fait d'appartenir au groupe expérimental ou au groupe contrôle n'a pas d'effet sur la progression en fin d'année.

Dans le modèle 3, au niveau 1, le score de pré-test et le SES restent significatif. Au niveau 2 l'interaction entre le groupe et le type d'école est significative ($\beta = .64$, $p < .001$). Autrement dit, le fait d'être élève dans le groupe expérimental et dans une école en dehors du REP permet de progresser plus que les autres.

Lorsqu'on s'intéresse aux sous-dimensions de LE, on trouve globalement des résultats identiques pour les modèles relatifs aux « connaissance des lettres » et « langage oral ». En revanche, la sous-dimension « conscience phonologique » présente quelques différences. Tout d'abord, au niveau 1, en plus du score de pré-test ($\beta = .53$, $p < .001$) et le SES ($\beta = .12$, $p < .05$) l'âge et les capacités cognitives générales ont un impact sur le score au post-test (respectivement $\beta = .09$ et $.11$, $p < .05$). Ensuite, au niveau 2 (modèle M2), l'intervention a un effet significatif ($\beta = .22$, $p < .05$). Les élèves du groupe expérimental progressent plus dans le domaine de la conscience phonologique que les élèves du groupe contrôle. En fin, l'interaction entre le groupe et le type d'école est toujours significative ($\beta = .44$, $p < .001$).

Tableau 3. Modèles multiniveaux expliquant le score du post-test des différentes dimensions de littératie émergente (N=725)

Paramètres	Score total LE			Connaissance des lettres			Langage oral			Conscience phonologique		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
<i>Effets fixes</i>												
Constante	-0.01 (.08)	-.21 (.13)	.04 (.14)	-.01 (.06)	-.09 (.14)	.15 (.16)	-.02 (.09)	-.24 (.12)	-.03 (.13)	-.01 (.07)	-.08 (.14)	.10 (.16)
Variables de niveau 1												
Performances en T1		.77 (.03)**	.77 (.03)**		.68 (.03)**	.68 (.03)**		.71 (.03)**	.71 (.03)**		.53 (.04)**	.53 (.04)**
Sexe (0 = Garçon, 1 = fille)		.04 (.05)	.05 (.05)		.06 (.05)	.06 (.05)		.07 (.05)	.07 (.05)		-.04 (.07)	-.03 (.07)
Age		.01 (.02)	.01 (.02)		.05 (.03)	.05 (.03)		-.01 (.03)	-.01 (.03)		.09 (.04)*	.09 (.04)*
SES		.06 (.03)*	.06 (.03)*		.14 (.04)**	.14 (.04)**		.06 (.03)*	.06 (.03)*		.12 (.05)*	.12 (.05)*
Capacités cognitives générales		.05 (.03)	.05 (.03)		.03 (.03)	.03 (.03)		.07 (.03)*	.07 (.03)*		.11 (.04)**	.11 (.04)**
Variables de niveau 2												
Groupe (0 = control, 1 = expl)		.12 (.10)	-.36 (.18)*		.02 (.11)	-.45 (.20)*		.07 (.09)	-.33 (.16)*		.22 (.11)*	-.11 (.20)
Moyenne de l'école en LE en T1		-.03 (.09)	-.03 (.08)		.04 (.09)	.03 (.08)		-.04 (.08)	-.04 (.07)		.04 (.10)	.02 (.09)
Tonalité sociale de la classe		-.02 (.10)	-.02 (.08)		-.14 (.10)	-.14 (.09)*		.01 (.09)	.01 (.08)		.04 (.10)	.04 (.10)
Type école (0 = REP, 1 = Non REP)		.15 (.16)	-.20 (.18)		.06 (.17)	-.28 (.20)		.24 (.14)	-.05 (.16)		-.01 (.16)	-.26 (.20)
Interaction groupe vs type d'école			.64 (.20)**			.62 (.22)**			.53 (.18)*			.44 (.22)*
<i>Effets aléatoires</i>												
variance inter-école	.17 (.05)	.06 (.02)	.04 (.01)	.07 (.03)	.06 (.02)	.05 (.02)	.21 (.06)	.04 (.02)	.03 (.01)	.11 (.04)	.04 (.02)	.03 (.02)
variance intra-école	.83 (.05)	.24 (.02)	.24 (.02)	.93 (.05)	.35 (.05)	.35 (.02)	.79 (.04)	.28 (.02)	.28 (.02)	.89 (.05)	.55 (.04)	.55 (.04)
-2 log L	1952.12	745.94	737.10	2005.51	927.38	920.43	1920.48	817.61	810.13	1980.87	1134.41	1130.81

Note : seuil de significativité des effets fixes : * : significatif au seuil de 10 % ; ** : significatif au seuil de 5 % ; *** : significatif au seuil de 1 %. Les erreurs type des coefficients figurent entre parenthèses.

6.3.2. Effet de l'intervention sur le développement des compétences de NE

Le tableau 4 indique que la plus grande part des différences se situe entre élèves à l'intérieur des écoles (variance intra-écoles) 89 %. Concernant le score total de NE, l'introduction des variables explicatives (modèle 2) a permis d'améliorer significativement le modèle, $\chi^2(9,725) = 1106.43$, $p < .001$. Ensemble, ces variables expliquent 64 % de la variance intra-école ($100 \times (.89 - .32) / .89$) et 36,36% de la variance inter-école ($100 \times (.11 - .07) / .17$). Pour le modèle 3, l'introduction du terme d'interaction a permis d'améliorer également significativement le modèle $\chi^2(1,725) = 5.6$, $p < .05$. Ce dernier modèle ne permet d'expliquer que 1% de la variance intra-école et 5% en plus de la variance inter-école.

Dans le modèle 2, les coefficients significatifs étaient, au niveau 1, le score de pré-test ($\beta = .64$, $p < .001$), l'âge ($\beta = .11$, $p < .01$), le SES ($\beta = .11$, $p < .01$) et le score en facteur général d'intelligence ($\beta = .10$, $p < .01$). Le score de début d'année affecte positivement et très significativement le score de fin d'année. Un écart-type de plus au score initial s'accompagne en moyenne d'une augmentation de .64 écart-type au score final. Les enfants les plus âgés progressent plus en fin d'année que les autres. De même, les enfants de milieu sociaux favorisés obtiennent des meilleures performances en fin d'année toutes choses égales par ailleurs. Toujours dans le modèle 2, aucune de variable de niveau 2 n'a un effet significatif sur le score de post-test. Tout particulièrement, le fait d'appartenir au groupe expérimental ou au groupe contrôle n'a pas d'effet sur la progression en fin d'année.

Dans le modèle 3, au niveau 1, le score de pré-test, l'âge, le SES et le score en facteur général d'intelligence restent significatif. Au niveau 2 l'interaction entre le groupe et le type d'école est significatif ($\beta = .64$, $p < .001$). Autrement dit, le fait d'être élève dans le groupe expérimental et dans une école en dehors du REP permet de progresser plus que les autres.

Tableau 4.

Modèles multiniveaux expliquant le score du post-test en numératie émergente (N=725)

Paramètres	Score total NE		
	M1	M2	M3
<i>Effets fixes</i>			
Constante	-.01 (.07)	.03 (.09)	.22 (.17)
Variables de niveau 1			
Performances en T1		.64 (.03)**	.64 (.03)**
Sexe (0 = Garçon, 1 = fille)		-.02 (.05)	-.02 (.05)
Age		.11 (.03)**	.10 (.03)**
SES		.11 (.03)**	.11 (.03)**
Capacité cognitive générale		.10 (.03)**	.10 (.03)**
Variables de niveau 2			
Groupe (0 = control, 1 = expl)		.06 (.12)	-.37 (.21)*
Moyenne de l'école en numéartie en T1		-.05 (.08)	-.07 (.08)
Tonalité sociale de la classe		-.04 (.10)	-.03 (.09)
Type école (0 = REP, 1 = Non REP)		.04 (.17)	-.28 (.21)
Interaction groupe vs type d'école			.58 (.24)**
<i>Effets aléatoires</i>			
variance inter-école	.11 (.04)	.07 (.02)	.06 (.02)
variance intra-école	.89 (.05)	.32 (.02)	.31 (.02)
-2 log L	1980.91	874.48	868.88

7. Discussion

La recherche présentée dans cet article est la première en France à tester l'efficacité d'une intervention éducative sur les apprentissages des enfants âgés de 4 à 5 ans par l'intermédiaire d'une application éducative. Notre travail présente la particularité de s'intéresser conjointement aux apprentissages en LE et en NE ce qui a été rarement réalisé dans la littérature. Tout au long

de notre recherche, nous avons essayé de maintenir une rigueur méthodologique aux niveaux de la conception de l'application, de la fidélité de l'implémentation et des analyses des données.

Tout d'abord, comme évoqué précédemment l'application AppLINOu a été élaborée selon un cadre théorique de co-conception (Kucirkova, 2016). Le contenu de l'application a été conçu sur la base de données probantes. Nous avons également doté l'application de certaines qualités pédagogiques nécessaires aux apprentissages (Hirsh-Pasek et al., 2015). Ensuite, l'analyse des traces laissées par les élèves sur la tablette nous a offert un moyen efficace pour évaluer la fidélité de l'implémentation de l'intervention. Enfin, nous avons adopté un protocole quasi-expérimental rigoureux en étant vigilant aux qualités psychométriques des mesures effectuées. De même, nous avons eu recours à des analyses de régression multiniveaux indispensables dans ce type de recherche (Bressoux 2020).

7.1. Effets de l'intervention

Les analyses de régression multiniveaux ont montré un certain nombre de résultats classiques. Nos résultats mettent en évidence l'importance de la variabilité intra-école qui est plus importante que variabilité inter-école. Ceci est observé aussi bien en LE qu'en NE.

Concernant les variables de niveau 1, on constate le poids important du niveau initial dans la détermination du niveau final. De même, le SES a un impact sur tous les scores aux post-tests. Les enfants issus des familles avec un SES élevé montrent de meilleures performances en LE et en NE (DeFlorio & Beliakoff, 2015; Hornburg et al., 2018; Mendive et al., 2020). Ces liens pourraient s'expliquer par le fait que les parents ayant un niveau socio-économique plus élevé engagent plus souvent leurs enfants dans des activités langagières ou mathématiques (e.g. Elliott & Bachman, 2018). Nous avons trouvé également un impact de l'âge sur la NE et sur la conscience phonologique. En revanche, contrairement à quelques études qui ont trouvé des différences entre les filles et les garçons (e.g. Below et al., 2010; Deasley et al., 2018), nous n'avons trouvé aucune différence de performances à ce niveau scolaire.

Lorsqu'on s'intéresse aux variables de niveau 2, on constate que l'intervention n'a pas eu d'impact sur la progression moyenne des élèves en fin d'année concernant le score global de LE et de NE. En revanche, lorsqu'on s'intéresse aux sous-dimensions de LE on trouve un effet de l'intervention uniquement sur la progression en conscience phonologique. Par ailleurs, les analyses de régression multiniveaux ont montré également que les élèves REP du GE n'ont pas

plus progressés que les élèves REP du GC. Lorsqu'on introduit le terme d'interaction entre le groupe (expérimental vs contrôle) et le type d'école (REP vs non REP), on constate que les élèves du groupe expérimental scolarisés hors réseau d'éducation prioritaire ont de meilleures performances en fin de moyenne section que les autres élèves de l'échantillon à tous les scores en post-test en LE et en NE. Autrement dit, le fait d'être élève du groupe expérimental et dans une école en dehors d'un réseau d'éducation prioritaire permet de progresser plus que les autres.

7.2. Eléments d'explication

Plusieurs facteurs peuvent expliquer la non-efficacité de l'intervention auprès des enfants scolarisés en REP. Premièrement, le programme de l'intervention était assez lourd pour les enseignants. Ceux-ci étaient contraints à réaliser plusieurs séances sur dix semaines. Les enseignants des REP, comparativement aux autres, avaient une plus grande hétérogénéité des niveaux des élèves et plus de difficultés scolaires à gérer. De même, l'utilisation en classe de l'application éducative a été ponctuée de soucis techniques comme par exemple des difficultés de connexion internet. Malgré la réactivité notre équipe de recherche, cela a causé des contraintes et du stress supplémentaire aux enseignants du groupe expérimental. Par ailleurs, dans le cadre du projet LINUMEN nous avons mesuré l'acceptance par les enseignants de l'application AppLINOU (Hoareau et al. Soumis). Ce travail a montré que les scores d'acceptance des enseignants de REP sont plus faibles que ceux des enseignants hors REP. Les différences sont significatives. En référence au modèle de Kucirkova (2016), on peut supposer que les enseignants en REP n'ont pas eu la motivation, le temps et suffisamment d'opportunités pour analyser les affordances offertes par l'application.

Deuxièmement, nous avons fait le choix de proposer une intervention où les élèves réalisent des séances en autonomie, même si l'enseignant devait être à disposition des élèves afin de réagir à leurs demandes. Bien qu'AppLINOU présente certaines qualités pédagogiques favorisant l'engagement, l'apprentissage actif et la mise en sens, celles-ci demeurent insuffisantes pour faire progresser les élèves en difficultés. Pour ces derniers, la présence d'un adulte pour étayer les interactions avec l'application aurait été probablement un meilleur choix (Neumann & Neumann, 2016 ; Yelland & Masters, 2007).

Troisièmement, il est probable que les élèves scolarisés en REP aient besoin de plus de temps et de semaines pour tirer profit de l'application. Les évaluations post-test ont été

effectuées quatre mois après les évaluations pre-test. L'application AppLINOU proposait des activités diverses et variées. Pour chaque période, l'enfant n'utilisait que 10 minutes chaque activité. Or, plusieurs méta-analyses ont montré que les gains d'apprentissages n'apparaissent qu'après plusieurs sessions d'utilisation d'un même outil (Leroux et al., 2017). De même, la durée du programme peut également avoir un impact sur le gain d'apprentissage. Ainsi, une utilisation supérieure à 30 minutes par semaine aurait un effet plus important sur les gains d'apprentissages (Cheung & Slavin, 2012, 2013).

Conclusion

Les recherches de type écologiques sont beaucoup moins nombreuses que les recherches menées en laboratoire et ont obtenu des résultats beaucoup plus mitigés. Le passage du laboratoire à la salle de classe est donc loin d'être aisé. Les travaux qui ont analysé les réussites et les échecs d'implémentations de pratiques fondées sur des données probantes (e.g. Fixsen, 2005 ; Nilsen, 2015) soulignent la nécessité de cycles d'amélioration. Les résultats de notre étude sont encourageants et nous fournissent des pistes d'amélioration de nos futures interventions.

Bibliographie

- Åberg, E., Lantz-Andersson, A., & Pramling, N. (2014). 'Once upon a time there was a mouse': Children's technology-mediated storytelling in preschool class. *Early Child Development and Care, 184(11)*, 1583–1598. doi:10.1080/03004430.2013.867342
- American Academy of Pediatrics (2016). American Academy of Pediatrics Announces New Recommendations for Children's Media Use. retrieved from <https://www.aap.org/enus/about-the-aap/aap-press-room/Pages/American-Academy-of-Pediatrics-Announces-New-Recommendations-for-Childrens-Media-Use.aspx>.
- Anthony, J. L., Williams, J. M., McDonald, R., & Francis, D. J. (2007). Phonological processing and emergent literacy in younger and older preschool children. *Annals of dyslexia, 57(2)*, 113.
- Alexandre, B., Reynaud, E., Osiurak, F., & Navarro, J. (2018). Acceptance and acceptability criteria: a literature review. *Cognition, Technology & Work, 20*, 165-177.

- Archer, K., Savage, R., Sanghera-Sidhu, S., Wood, E., Gottardo, A., & Chen, V. (2014). Examining the effectiveness of technology use in classrooms: A tertiary meta-analysis. *Computers & Education*, 78, 140-149.
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M., & Nurmi, J. (2004). Developmental dynamics of math performances from preschool to Grade 2. *Journal of Educational Psychology*, 96, 699 - 713.
- Below, J. L., Skinner, C. H., Fearington, J. Y., & Sorrell, C. A. (2010). Gender Differences in Early Literacy : Analysis of Kindergarten through Fifth-Grade Dynamic Indicators of Basic Early Literacy Skills Probes. *School Psychology Review*, 39(2), 240-257.
- Berkowitz, T., Schaeffer, M. W., Maloney, E. A., Peterson, L., Gregor, C., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015). Math at home adds up to achievement in school. *Science*, 350, 196–198. <http://dx.doi.org/10.1126/science.aac7427>
- Bressoux, P. (2020). Using multilevel models is not just a matter of statistical adjustment. Illustrations in the educational field. *L'Année psychologique*, 120, 5-38.
- Bianco, M., Bressoux, P., Doyen, A.-L., Lambert, E., Lima, L., Pellenq, C., & Zorman, M. (2010). Early Training in Oral Comprehension and Phonological Skills : Results of a Three-Year Longitudinal Study. *Scientific Studies of Reading*, 14(3), 211-246. <https://doi.org/10.1080/10888430903117518>
- Blackwell, C. K., Lauricella, A. R., Wartella, E., Robb, M., & Schomburg, R. (2013). Adoption and use of technology in early education: The interplay of extrinsic barriers and teacher attitudes. *Computers & Education*, 69, 310–319. doi:10.1016/j.compedu.2013.07.024
- Briquet-Duhazé, S., & Rezrazi, A. (2014). Résultat d'un entraînement en conscience phonologique chez des élèves en difficultés de lecture au cycle 3. *Enfance*, 2014(02), 119-134. <https://doi.org/10.4074/S0013754514002018>
- Catts, H. W., Fey, M. E., Zhang, X., & Tomblin, J. B. (2001). Estimating the risk of future reading difficulties in kindergarten children. *Language, speech, and hearing services in schools*, 32(1), 38-50.
- Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001>
- Chera, P., & Wood, C. (2003). Animated multimedia “talking books” can promote phonological awareness in children beginning to read. *Learning and Instruction*, 13, 33-52.
- Chetty, R., Friedman, J. N., & Rockoff, J. E. (2014). Measuring the impacts of teachers I: Evaluating bias in teacher value-added estimates. *American Economic Review*, 104(9), 2593-2632. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.104.9.2593>

- Ching, C., Wang, X. C., Shih, M. L., & Kedem, Y. (2006). Digital photography and journals in a kindergarten-first-grade classroom: Toward meaningful technology integration in early childhood education. *Early Education & Development, 17*(3), 347–371. doi:10.1207/s15566935eed1703_3
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2004). Learning trajectories in mathematics education. *Mathematical Thinking and Learning, 6*, 81–89.
- Clements, D. H., Sarama, J., Wolfe, C. B., & Spitler, M. E. (2015). Sustainability of a scale-up intervention in early mathematics: A longitudinal evaluation of implementation fidelity. *Early Education and Development, 26*, 427–449. <http://dx.doi.org/10.1080/10409289.2015.968242>
- Cubelic, C. C., & Larwin, K. H. (2014). The use of iPad technology in the kindergarten classroom: A quasi-experimental investigation of the impact on early literacy skills. *Comprehensive Journal of Educational Research, 2*, 47–59.
- Crescenzi, L., Jewitt, C., & Price, S. (2014). The role of touch in preschool children’s learning using iPad versus paper interaction. *Australian Journal of Language and Literacy, 37*, 87–95
- Deasley, S., Evans, M. A., Nowak, S., & Willoughby, D. (2018). Sex Differences in Emergent Literacy and Reading Behaviour in Junior Kindergarten. *Canadian Journal of School Psychology, 33*(1), 26-43. <https://doi.org/10.1177/0829573516645773>
- DeFlorio, L., & Beliakoff, A. (2015). Socioeconomic Status and Preschoolers’ Mathematical Knowledge : The Contribution of Home Activities and Parent Beliefs. *Early Education and Development, 26*(3), 319-341. <https://doi.org/10.1080/10409289.2015.968239>
- De Jong, M., & Bus, A. (2004). The efficacy of electronic books in fostering kindergarten children’s emergent story understanding. *Reading Research Quarterly, 39*, 378-393.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... Duckworth, K. (2007). School Readiness and Later Achievement. *Developmental Psychology, 43*(6), 1428-1446.
- Elliott, L., & Bachman, H. J. (2018). How Do Parents Foster Young Children’s Math Skills? *Child Development Perspectives, 12*(1), 16-21. <https://doi.org/10.1111/cdep.12249>
- Enders, C. K., & Tofighi, D. (2007). Centering predictor variables in crosssectional multilevel models: A new look at an old issue. *Psychological Methods, 12*, 121–138.
- Fixsen, D. L., Naoom, S. F., Blase, K. A., Friedman, R. M. & Wallace, F. (2005). Implementation research: A synthesis of the literature. Tampa, FL : University of South Florida, Louis de la Parte Florida Mental Health Institute, The National Implementation Research Network (FMHI Publication #231).

- Fridin, M. (2014). Storytelling by a kindergarten social assistive robot: A tool for constructive learning in preschool education. *Computers & Education*, 70, 53–64. doi:10.1016/j.compedu.2013.07.043
- Foulin, J. N. (2005). Why is letter-name knowledge such a good predictor of learning to read? *Reading and writing*, 18(2), 129-155.
- Foulin, J. N. (2007). La connaissance des lettres chez les prélecteurs: aspects pronostiques, fonctionnels et diagnostiques. *Psychologie française*, 52, 431–444.
- Granić, A., & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2572-2593. <https://doi.org/10.1111/bjet.12864>
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Oxford, England: Harvard University Press.
- Ginsburg, H. P., & Baroody, A. J. (2003). *Test of early mathematics ability (3rd ed.)*. Austin, TX: Pro-Ed.
- Ginsburg, H. P. (1977). *Children's arithmetic: The learning process*. Oxford, England: Van Nostrand
- Greenfield, S. (2015). *Mind change: How digital technologies are leaving their mark on our brains*. London, UK: Random House.
- Griffith, S. H., Hagan, M. B., Heymann, P., Heflin, B. H. & Bagner, D. M. (2020). Apps As Learning Tools : A systematic review. *Pediatrics*, 145(1).
- Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2015). Tablet use in schools: A critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(2), 139–156. <http://dx.doi.org/10.1111/jcal.12123>
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J., Golinkoff, R., Gray, J., Robb, M., & Kaufman, J. (2015). Putting Education in « Educational » Apps : Lessons From the Science of Learning. *Psychological Science in the Public Interest*, 16(1), 3-34.
- Hoareau, L., Thomas, A., Tazouti, Y., Dinet, J., Luxembourger, C., Hubert, B., Fischer, J.P., & Jarlégan, A. (accepté). Co-designing a new educational tablet app for preschoolers. *Computers in the Schools*.
- Hox, J. J. (2010). *Multilevel Analysis : Techniques and Applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Hooper, S. R., Roberts, J., Sideris, J., Burchinal, M., & Zeisel, S. (2010). Longitudinal predictors of reading and math trajectories through middle school for African-American versus Caucasian students across two samples. *Developmental Psychology*, 46, 1018–1029.

- Hornburg, C. B., Schmitt, S. A., & Purpura, D. J. (2018). Relations between preschoolers' mathematical language understanding and specific numeracy skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, *176*, 84-100. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.07.005>
- Huber, B., Tarasuik, J., Antoniou, M. N., Garrett, C., Bowe, S. J., Kaufman, J., et al. (2016). Young children's transfer of learning from a touchscreen device. *Comput. Human Behav.* *56*, 56–64. doi: 10.1016/j.chb.2015.11.010
- Ihmeideh, F. (2009). The role of computer technology in teaching reading and writing: Preschool teachers' beliefs and practices. *Journal of Research in Childhood Education*, *24(1)*, 60–79. doi:10.1080/02568540903439409
- Ingram, N., Williamson-Leadley, S., & Pratt, K. (2016). Showing and telling: using tablet technology to engage students in mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, *28(1)*, 123–147.
- Institute of Education Sciences (2018). What Works Clearinghouse. Retrieved from. <https://ies.ed.gov/ncee/wwc/>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, *45*, 850 - 867.
- Karemaker, A., Pitchford, N., & O'Malley, C. (2010). Enhanced recognition of written words and enjoyment of reading in struggling beginner readers through whole-word multimedia software. *Computers and Education*, *54(1)*, 199-208.
- Kendeou, P., van den Broek, P., White, M. J., & Lynch, J. S. (2009). Predicting reading comprehension in early elementary school : The independent contributions of oral language and decoding skills. *Journal of Educational Psychology*, *101(4)*, 765-778. <https://doi.org/10.1037/a0015956>.
- Kendeou, P., van den Broek, P., White, M., & Lynch, J. (2007). Preschool and early elementary comprehension: Skill development and strategy interventions. In D. S. McNamara (Ed.) *Reading comprehension strategies: Theories, interventions, and technologies*, (pp. 27–45). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kim, Y.-S., Otaiba, S. A., Puranik, C., Folsom, J. S., & Grulich, L. (2014). The contributions of vocabulary and letter writing automaticity to word reading and spelling for kindergartners. *Reading and Writing*, *27(2)*, 237-253. <https://doi.org/10.1007/s11145-013-9440-9>
- Kwok, K., Ghrear, S., Li, V., Haddock, T., Coleman, P., and Birch, S. A. J. (2016). Children can learn new facts equally well from interactive media versus face to face instruction. *Front. Psychol.* *7:1603*. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01603

- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Early development of quantity to number–word linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties: Findings from a four-year longitudinal study. *Learning and Instruction, 19*, 513–526.
- Kucirkova, N., Messer, D., Sheehy, K., & Flewitt, R. (2013). Sharing personalised stories on iPads: A close look at one parent-child interaction. *Literacy, 47*, 115–122.
- Larkin, K., & Calder, N. (2016). Mathematics education and mobile technologies. *Mathematics Education Research Journal, 28*(1), 1–7.
- Lonigan, C. J., & Shanahan, T. (2008). Executive Summary Developing Early Literacy: Report of the National Early Literacy Panel A Scientific Synthesis of Early Literacy Development and Implications for Intervention (pp. v-xii). In *Developing early literacy: Report of the national early literacy panel* (pp. 55-106). Washington, DC: National Institute for Literacy.
- Marsh, J. (2016). The digital literacy skills and competencies of children of pre-school age. *Media Education Studies and Research, 7*, 197–214.
- Marsh, J., Yamada-Rice, D., Bishop, J., Lahmar, J., Scott, F., Plowman, L., et al. (2015). *Exploring Play and Creativity in Pre-Schoolers' Use of Apps: Technology and Play*. Economic and Social Research Council. Retrieved from: <http://www.techandplay.org/tap-media-pack.pdf>.
- Massonnié, J., Bianco, M., Lima, L., & Bressoux, P. (2019). Longitudinal predictors of reading comprehension in French at first grade : Unpacking the oral comprehension component of the simple view. *Learning and Instruction, 60*, 166–179.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.005>
- McCarrick, K., & Xiaoming, L. (2007). Buried treasure: The impact of computer use on young children's social, cognitive, language development and motivation. *ACE Journal, 15*(1), 73–95.
- Melhuish, K., & Falloon, G. (2010). Looking to the future: M-learning with the iPad. *Computers in New Zealand Schools: Learning, Leading, Technology, 22*(3), 1–16.
- Mendive, S., Mascareño Lara, M., Aldoney, D., Pérez, J. C., & Pezoa, J. P. (2020). Home Language and Literacy Environments and Early Literacy Trajectories of Low-Socioeconomic Status Chilean Children. *Child Development*.
<https://doi.org/10.1111/cdev.13382>
- Merchant (2015). Keep taking the tablets: iPads, story apps and early literacy. *Australian Journal of Language and Literacy, 38*, 3–11.
- Milman, N. B., Carlson-Bancroft, A., & Boogart, A. V. (2014). Examining differentiation and utilization of iPads across content areas in an independent, preK–4th grade elementary school. *Computers in the Schools, 31*(3), 119–133.

- Moody, A. (2010). Using electronic books in the classroom to enhance emergent literacy skills in young children. *Journal of Literacy and Technology*, 11(4), 22-52.
- Moyer-Packenham, P. S., Bullock, E. K., Shumway, J. F., Tucker, S. I., Watts, C. M., Westenskow, A., Anderson-Pence, K. L., Maahs-Fladung, C., Boyer-Thurgood, J., Gulkilik, H., & Jordan, K. (2016). The role of affordances in children's learning performance and efficiency when using virtual manipulative mathematics touch-screen apps. *Mathematics Education Research Journal*, 28(1), 79–105.
- Muter, V., Hulme, C., Snowling, M. J., & Stevenson, J. (2004). Phonemes, rimes, vocabulary, and grammatical skills as foundations of early reading development: evidence from a longitudinal study. *Developmental psychology*, 40(5), 665-681.
- National Early Literacy Panel. (2008). Developing early literacy: Report of the National Early Literacy Panel. Washington, DC: National Institute for Literacy.
- National Mathematics Advisory Panel. (2008). Foundations for success: The final report of the National Mathematics Advisory Panel. Washington, DC: US Department of Education.
- National Research Council. (2009). Mathematics learning in early childhood: Paths toward excellence and equity. Washington DC: National Academies Press.
- Negro, I., & Genelot, S. (2009). Les prédicteurs en grande section maternelle de la réussite en lecture en fin de première année d'école élémentaire: l'impact du nom des lettres. *Bulletin de psychologie*, (3), 291-306.
- Neumann, M.M. (2018). Using tablets and apps to enhance emergent literacy skills in young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 42, 239-246.
- Neumann, M. M., & Neumann, D. L. (2014). Touch screen tablets and emergent literacy. *Early Childhood Education Journal*, 42, 231–239. <http://dx.doi.org/10.1007/s10643-013-0608-3>.
- Neumann, M. M., & Neumann, D. L. (2015). The use of touch screen tablets at home and pre-school to foster emergent literacy. *Journal of Early Childhood Literacy*, 17, 203–220. <http://dx.doi.org/10.1177/1468798415619773>
- Neumann, M. M., Finger, G., & Neumann, D. L. (2016). A conceptual framework for emergent digital literacy. *Early Childhood Education Journal*, 45, 471–479. <http://dx.doi.org/10.1007/s10643-016-0792-z>.
- Nilsen, P. (2015). Making sense of implementation theories, models and frameworks. *Implementation Science*, 10(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s13012-015-0242-0>
- Oakhill, J. V., Cain, K., & Bryant, P. E. (2003). The dissociation of word reading and text comprehension: Evidence from component skills. *Language and cognitive processes*, 18(4), 443-468.

- Outhwaite, L. A., Gulliford, A., Pitchford, N. J. (2017). Closing the gap: Efficacy of a tablet intervention to support the development of early mathematical skills in UK primary school children. *Computers & Education, 108*, 43-58.
- Outhwaite, L. A., Faulder, M., Gulliford, A., & Pitchford, N. J. (2019). Raising early achievement in math with interactive apps: A randomized control trial. *Journal of Educational Psychology, 111*(2), 284-298. <http://dx.doi.org/10.1037/edu0000286>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., and Zaranis, N. (2018). The effectiveness of computer and tablet assisted intervention in early childhood students' understanding of numbers. An empirical study conducted in Greece. *Education and Information Technologies, 23*, 1849–1871. doi: 10.1007/s10639-018-9693-7
- Patchan, M. M., & Puranik, C. S. (2016). Using tablet computers to teach preschool children to write letters: Exploring the impact of extrinsic and intrinsic feedback. *Comput. Educ. 102*, 128–137. doi: 10.1016/j.compedu.2016.07.007
- Parish-Morris, J., Mahajan, N., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., and Collins, M. F. (2013). Once upon a time: parent–child dialogue and storybook reading in the electronic era. *Mind Brain Educ. 7*, 200–211. doi: 10.1111/mbe.12028
- Pegrum, M., Howitt, C. & Striepe, M. (2013). Learning to take the tablet : How pre-service teachers use iPads to facilitate their learning. *Australasian Journal of Educational Technology, 29*(4), 464-479.
- Pelletier, J., Reeve, R., & Halewood, C. (2006). Young children's knowledge building and literacy development through knowledge forum. *Early Education & Development, 17*(3), 323–346. doi:10.1207/s15566935eed1703_2
- Peugh, J. L. (2010). A practical guide to multilevel modeling. *Journal of School Psychology, 48*, 85–112.
- Piquard-Kipffer, A., & Sprenger-Charolles, L. (2013). Early predictors of future reading skills : A follow-up of French-speaking children from the beginning of kindergarten to the end of the second grade (age 5 to 8). *L'Année Psychologique, 113*(04), 491-521. <https://doi.org/10.4074/S0003503313014012>
- Pitchford, N. J. (2015). Development of early mathematical skills with a tablet intervention: a randomized control trial in Malawi. *Frontiers in Psychology, 6*:485. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00485
- Piotrowski, J. T., and Krcmar, M. (2017). Reading with hotspots: young children's responses to touchscreen stories. *Comput. Human Behav. 70*, 328–334. doi: 10.1016/j.chb.2017.01.010
- Puranik, C. S., Petscher, Y., & Lonigan, C. J. (2013). Dimensionality and reliability of letter writing in 3- to 5-year-old preschool children. *Learning and Individual Differences, 28*, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.06.011>

- Purpura, D. J., Baroody, A. J., & Lonigan, C. J. (2013). The transition from informal to formal mathematical knowledge: Mediation by numeral knowledge. *Journal of Educational Psychology, 105*, 453–464.
- Rasbash, J., Steele, F., Browne, W., & Goldstein, H. (2020). *A user's guide to MLwiN: Version 3.05*. University of Bristol, England: Centre for Multilevel Modelling.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods (2nd ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Raven, J. C., Court, J. H., & Raven, J. (1995). *Raven, Matrices Progresivas (Escalas: CPM, SPM, APM)*. Madrid: TEA Ediciones, S.A
- Roskos, K., Burnstein, K., Shang, Y., & Gray, E. (2014). Young children's engagement with ebooks at school: Does device matter? *Sage Open* 1–9 January-March.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: Learning trajectories for young children*. New York, NY: Routledge.
- Schacter, J., & Jo, B. (2016). Improving low-income preschoolers mathematics achievement with Math Shelf, a preschool tablet computer curriculum. *Comput Human Behav. 55*, 223–229.
- Schtschneider, C., Fletcher, J. M., Francis, D. J., Carlson, C. D., & Foorman, B. R. (2004). Kindergarten prediction of reading skills: A longitudinal comparative analysis. *Journal of educational psychology, 96(2)*, 265.
- Scarborough, H. S. (1998). Predicting the future achievement of second graders with reading disabilities: Contributions of phonemic awareness, verbal memory, rapid naming, and IQ. *Annals of Dyslexia, 48(1)*, 115-136.
- Schacter, J., and Jo, B. (2016). Improving low-income preschoolers mathematics achievement with Math Shelf, a preschool tablet computer curriculum. *Comput. Human Behav. 55*, 223–229. doi: 10.1016/j.chb.2015. 09.013
- Shahrimin, M. I., & Butterworth, D. M. (2001). Young children's collaborative interactions in a multimedia computer environment. *The Internet and Higher Education, 4(3)*, 203–215. doi:10.1016/S1096-7516(01)00068-9
- Schroeder, E. L., and Kirkorian, H. L. (2016). When seeing is better than doing: Preschoolers' transfer of STEM skills using touchscreen games. *Front. Psychol. 7:1377*. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01377
- Sheehan, K. J., & Uttal, D. H. (2016). Children's learning from touch screens: a dual representation perspective. *Frontiers in Psychology, 7*, 1220.
- Sigman, A. (2012). Time for a view on screen time. *Archives of Disease in Childhood, 97*, 935–942. <http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2012-302196>

- Snijders, T. A. B., & Bosker, R. J. (1999). *Multilevel analysis: An introduction to basic and advanced multilevel modeling*. Londo, England: Sage.
- Stockless, A., Villeneuve, S. & Gingras, B. (2018). Maîtrise d'outils technologiques : son influence sur la compétence TIC des enseignants et les usages pédagogiques. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 44(2).
- Thomas, A., Tazouti, Y., Hoareau, L., Luxembourger, C., Hubert, B., Fischer, J.P., & Jarlégan, A. (en révision). Development of a French-language early literacy scale: Structural analysis and links between the dimensions of early literacy. *Journal of Research in Reading*.
- Voogt, J., & McKenney, S. (2008). Using ICT to foster pre-reading and writing skills in young children. *Computers in the Schools*, 24(3), 83–94. doi:10.1300/J025v24n03_06
- Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological bulletin*, 101(2), 192.
- Wagner, R. K., Torgesen, J. K., & Rashotte, C. A. (1994). Development of reading-related phonological processing abilities: New evidence of bidirectional causality from a latent variable longitudinal study. *Developmental psychology*, 30(1), 73.
- Wang, F., Xie, H., Wang, Y., Hao, Y., An, J., and Chen, J. (2016). Using touchscreen tablets to help young children learn to tell time. *Front. Psychol.* 7:1800. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01800
- Wang, X. C., & Hoot, J. L. (2006). Information and communication technology in early childhood education. *Early Education & Development*, 17(3), 317–322. doi:10.1207/s15566935eed1703_1
- Whitehurst, G. J., & Lonigan, C. J. (1998). Child development and emergent literacy. *Child development*, 69(3), 848-872.
- Wood, C., Pillinger, C., & Jackson, E. (2010). Understanding the impact of young readers' literacy interactions with talking books and during adult reading support. *Computers and Education*, 54(1), 190-198.
- Xie, H., Peng, J., Qin, M., Huang, X., Tian, F. & Zhou, Z. (2018). Can touchscreen devices be used to facilitate young children's learning? A meta-analysis of touchscreen learning effect. *Frontiers in Psychology*, 9(2580).
- Yelland, N. J. (2018). A pedagogy of multiliteracies: Young children and multimodal learning with tablets. *British Journal of Educational Technology*, 49(5), 847-858.
- Yelland, N., & Masters, J. (2007). Rethinking scaffolding in the information age. *Computers and Education*, 48, 362–382.

Zevenbergen, R. (2007). Digital natives come to preschool: Implications for early childhood practice. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 8(1), 19–29. doi:10.2304/ciec.2007.8.1.19

Zipke, M. (2017). Preschoolers explore interactive storybook apps: the effect on word recognition and story comprehension. *Educ. Inf. Technol.* 22, 1695–1712. doi: 10.1007/s10639-016-9513-x

Annexe 1.

Description des différentes compétences évaluées en littératie émergente

Compétences (Dimension)	Description
Connaissance des lettres	
1. Reconnaissance des lettres	Des lettres en écriture majuscule ou en écriture cursive ont été présentées aux enfants sous forme d'une matrice avec quatre réponses possibles. Les enfants devaient pointer celle qui est nommée par l'expérimentateur.
2. Dénommer oralement des lettres	Dans cette épreuve, une lettre était présentée à l'enfant et celui-ci devait donner le nom de la lettre.
3. Prononcer oralement le son des lettres	Dans cette épreuve, une lettre était présentée à l'enfant et celui-ci devait donner le son de la lettre.
Vocabulaire	
4. Reconnaître des mots courants	Cette épreuve évalue le vocabulaire en réception. Quatre images étaient présentées à l'écran sans être nommées. Il était demandé aux enfants de montrer l'image qui représente le mot-cible.
5. Dénommer des parties du corps	Dans cette épreuve de vocabulaire en production, les enfants devaient dénommer différentes parties du corps humain.
6. Fluence verbale sémantique	Dans cette épreuve, une catégorie sémantique était présentée à l'enfant et celui-ci devait donner le plus de noms associés dans un temps fixe de vingt secondes.
Conscience phonologique	
7. Enlever la syllabe de la fin du mot	Cette épreuve de conscience phonologique consistait dans la manipulation des syllabes en enlevant celles de la fin des mots.

8. Enlever la syllabe du début du mot	Cette épreuve de conscience phonologique consistait dans la manipulation des syllabes en enlevant celles du début des mots.
9. Inverser les syllabes d'un mot	Cette épreuve de conscience phonologique consistait dans la manipulation des syllabes en inversant les syllabes des mots.
10. Identifier des rimes	Une dernière épreuve de conscience phonologique était une tâche de détection de l'intrus, il s'agissait d'identifier le mot qui ne rime avec les autres.

Comprehension

11. Comprendre des consignes simples	Dans cette épreuve de compréhension des consignes simples l'expérimentateur demandait aux enfants de montrer l'élément de l'image correspondant aux informations données dans la consigne (par exemple : montre-moi le bus le plus long ?).
12. Comprendre des consignes organisation spatiale XXX	
13. Comprendre des textes courts	Dans cette épreuve de compréhension de texte lu, l'expérimentateur lisait aux enfants une histoire courte et leur posait par la suite des questions sur des éléments explicites de l'histoire (personnages, évènements...).
14. Comprendre des inférences à partir de textes courts	Dans cette dernière épreuve de compréhension l'expérimentateur lisait aux enfants une histoire et leur posait par la suite des questions sur des éléments implicites de l'histoire. Cette épreuve concernait l'inférence à partir d'un texte lu.

Annexe 2.

Description des différentes compétences évaluées en numératie émergente

Compétence	Description
1. Reconnaissance des chiffres	Des chiffres ou nombres sont présentés à l'enfant sous forme d'une matrice avec six réponses possibles. L'enfant doit pointer celui qui est nommé par l'expérimentateur.
2. Dénommer des chiffres / nombres	Des chiffres ou nombres sont présentés à l'enfant un seul à la fois. L'enfant doit dire quel était le nombre ou le chiffre.
3. Acquisition de la chaîne numérique	L'expérimentateur demande à l'enfant de compter aussi loin qu'il le peut. La tâche est arrêtée lorsqu'un enfant a fait une erreur ou a correctement compté jusqu'à 42 sans commettre d'erreur.
4. Dénombrement d'une collection	Dans cette épreuve, l'expérimentateur demande à l'enfant de compter des animaux présentés dans des images comportant un ensemble de 4, 6 ou 12. Les animaux sont disposés soit dans un ordre linéaire soit dans un ordre aléatoire. L'enfant reçoit un point pour chaque série s'il a correctement compté la collection.
5. Cardinalité	Pour chaque item de l'épreuve de dénombrement d'une collection, l'enfant doit indiquer combien il y a d'animaux en tout dans chaque image. L'enfant reçoit un point pour chaque bonne réponse correspondant à l'acquisition du principe cardinal. Sans recomptage de l'ensemble.
6. Estimation comparative	Il s'agit de comparer deux collections de points de taille identique ou de collections où les points diffèrent également par leur taille ou leur hauteur. Ce qui est évalué ici est la capacité d'estimer approximativement des quantités sans recours au comptage.
7. Subitizing	L'expérimentateur présente à l'enfant un ensemble de points (de 1 à 6) de manière linéaire et non linéaire pendant une demi seconde. L'enfant doit indiquer le nombre exact de points.
8. Correspondre nombres/collections	L'enfant doit apparier un chiffre (ou nombre) à la bonne collection d'objets.
9. Correspondre collections/nombres	Dans cette épreuve l'enfant doit apparier une collection au bon chiffre (ou nombre)
10. Problèmes verbaux	L'expérimentateur présente à l'enfant oralement des problèmes à histoire qui ne contenaient pas de distracteurs. L'enfant doit ensuite apporter une réponse à la question posée. Ces problèmes à histoire correspondaient à des problèmes d'addition ou de soustraction simples.
11. Sériation des nombres	Dans cette épreuve, l'enfant doit ranger dans l'ordre une ou plusieurs cartes représentant des nombres dans une série ordonnée.

Annexe 3.

Statistiques descriptives et analyses d'items des différentes épreuves

	T1				T2		
	Nombre d'items	Alpha de Cronbach	M	SD	Alpha de Cronbach	M	SD
Littératie émergente							
Reconnaitre une lettre isolée	14	.84	.26	.22	.85	.42	.24
Dénommer oralement des lettres	10	.93	.40	.38	.92	.63	.36
Comprendre des consignes simples	8	.79	.79	.27	.73	.87	.20
Reconnaitre des mots courants	14	.76	.44	.21	.76	.54	.21
Identifier des rimes	10	.77	.29	.25	.86	.44	.32
Comprendre consignes simples orga spatiale	8	.78	.57	.29	.80	.68	.29
Fluence verbale sémantique	2	-	.21	.14	-	.27	.14
Enlever la syllabe de la fin du mot	8	.87	.16	.25	.84	.29	.28
Dénommer des parties du corps	10	.81	.29	.26	.82	.42	.28
Comprendre des textes courts	8	.90	.38	.37	.89	.57	.36
Enlever la syllabe du début du mot	8	.82	.06	.16	.84	.15	.23
Prononcer oralement le son des lettres	8	.88	.17	.27	.90	.31	.35
Inverser les syllabes d'un mot	8	.98	.03	.16	.97	.11	.29
Comprendre des inférences à partir de textes courts	8	.88	.35	.34	.85	.51	.32
Numératie émergente							
Reconnaitre un chiffre en écriture normale	12	.99	.46	.32	.88	.67	.28
Dénommer des chiffres / nombres	10	.86	.23	.25	.87	.42	.28
Récitation de la chaîne numérique	-	-	.33	.24	-	.50	.28
Subitizing	18	.91	.25	.25	.91	.49	.27
Savoir résoudre des problèmes à histoire	8	.66	.18	.20	.79	.34	.28
Dénombrer une collection (ordinalité)	6	.83	.49	.34	.76	.69	.29
Dénombrer une collection (cardinalité)	6	.91	.51	.41	.85	.71	.33
Faire correspondre des collections avec des nombres	6	.72	.53	.32	.77	.73	.29
Faire correspondre des nombres avec des collections	6	.69	.51	.29	.71	.70	.27
Estimer des collections	8	.71	.67	.25	.75	.79	.23
Sérialisation des nombres écrits	6	.74	.26	.28	.76	.44	.32

Annexe 4.

Matrice de corrélations entre les variables de l'étude

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1														
2	.44	1													
3	.48	.55	1												
4	.74	.74	.91	1											
5	.75	.40	.46	.63	1										
6	.48	.62	.56	.66	.52	1									
7	.44	.46	.80	.75	.52	.58	1								
8	.64	.58	.76	.83	.78	.81	.89	1							
9	.59	.51	.65	.73	.54	.59	.62	.70	1						
10	.70	.48	.55	.70	.62	.54	.51	.65	.81	1					
11	.39	.45	.47	.53	.33	.44	.42	.48	.44	.42	1				
12	.69	.53	.64	.76	.62	.60	.59	.72	.92	.97	.52	1			
13	.52	.39	.57	.63	.60	.54	.64	.72	.69	.67	.31	.71	1		
14	.60	.38	.49	.60	.67	.55	.57	.71	.65	.72	.31	.73	.85	1	
15	.36	.40	.56	.57	.43	.50	.56	.61	.52	.43	.39	.50	.49	.47	1
16	.60	.43	.57	.66	.68	.59	.65	.76	.71	.73	.35	.76	.94	.97	.59

NB. 1. CONNLETTRE1, 2. CONSPHONO1, 3. LO1, 4. TOTLIT1, 5. CONNLETTRE2, 6. CONSPHONO2, 7. LO2, 8. TOTLIT2, 9. NOMBRE1, 10. RELATION1, 11. OPERATION1, 12. TOTNUM1, 13. NOMBRE2, 14. RELATION2, 15. OPERATION2 et 16. TOTNUM2