



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>



Université Claude Bernard Lyon 1
Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation
Département Orthophonie

N° de mémoire 1944

Mémoire de Grade Master en Orthophonie
présenté pour l'obtention du
Certificat de capacité d'orthophoniste

Par
BARILARO Mélanie

**Effets de l'utilisation d'un jeu vidéo pour la remédiation des
capacités en fractions chez des enfants dyscalculiques.**

Directeurs de Mémoire

GARDES Marie-Line

PRADO Jérôme

Date de soutenance

6 juin 2019

Membres du jury

CHAZOULE Guy

GOIRAN Audrey

PRADO Jérôme

1. UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON 1

Président
Pr. FLEURY Frédéric

Vice-président CFVU
Pr. CHEVALIER Philippe

Président du Conseil Académique
Pr. BEN HADID Hamda

Vice-président CS
M. VALLEE Fabrice

Vice-président CA
Pr. REVEL Didier

Directeur Général des Services
M. VERHAEGHE Damien

1.1 Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Est
Doyen **Pr. RODE Gille**

U.F.R d'Odontologie
Directrice **Pr. SEUX Dominique**

U.F.R de Médecine et de
maïeutique - Lyon-Sud Charles
Mérieux
Doyenne **Pr. BURILLON Carole**

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directrice **Pr. VINCIGUERRA Christine**

Institut des Sciences et Techniques de
la Réadaptation (I.S.T.R.)
Directeur **Dr. PERROT Xavier**

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (C.C.E.M.)
Président **Pr. COCHAT Pierre**

Département de Formation et Centre
de Recherche en Biologie Humaine
Directrice **Pr. SCHOTT Anne-Marie**

1.2 Secteur Sciences et Technologies :

U.F.R. Faculté des Sciences et
Technologies
Directeur **M. DE MARCHI Fabien**

Institut des Sciences Financières et
d'Assurance (I.S.F.A.)
Directeur **M. LEBOISNE Nicolas**

U.F.R. Faculté des Sciences
Administrateur provisoire
M. ANDRIOLETTI Bruno

Observatoire Astronomique de Lyon
Directeur **Mme DANIEL Isabelle**

U.F.R. Biosciences
Administratrice provisoire
Mme GIESELER Kathrin

Ecole Supérieure du Professorat et de
l'Education (E.S.P.E.)
Administrateur provisoire
M. Pierre CHAREYRON

U.F.R. de Sciences et Techniques
des Activités Physiques et Sportives
(S.T.A.P.S.)
Directeur **M. VANPOULLE Yannick**

POLYTECH LYON
Directeur **M. PERRIN Emmanuel**

Institut Universitaire de Technologie de
Lyon 1 (I.U.T.LYON 1)
Directeur **M. VITON Christophe**

2. INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA RÉADAPTATION

Directeur ISTR
Xavier PERROT

Équipe de direction du département d'orthophonie :

Directeur de la formation
Agnès BO

Coordinateur de cycle 1
Claire GENTIL

Coordinateur de cycle 2
Solveig CHAPUIS

Responsables de l'enseignement clinique
Claire GENTIL
Ségolène CHOPARD
Johanne BOUQUAND

Responsable des travaux de recherche
Nina KLEINSZ

Chargées de l'évaluation des aptitudes aux études
en vue du certificat de capacité en orthophonie
Céline GRENET
Solveig CHAPUIS

Responsable de la formation continue
Johanne BOUQUAND

Secrétariat de direction et de scolarité
Olivier VERON
Patrick JANISSET

Résumé

Les fractions sont une notion importante dans l'apprentissage scolaire, elles sont un excellent prédicteur de la réussite en mathématiques plus tard. Leur présence ne s'arrête pas sur les bancs de l'école, elles sont nécessaires au quotidien (pour les finances et la cuisine, par exemple) ainsi que pour de nombreux métiers. Néanmoins, certaines études ont montré la complexité de cette notion et beaucoup d'enfants et d'adultes n'atteignent jamais un bon niveau de compréhension et d'utilisation des fractions. Surmonter cette complexité semble d'autant plus difficile pour les enfants avec dyscalculie. Une récente étude a suggéré l'utilisation de jeux vidéo pour apprendre la notion de fractions de façon ludique et motivante. La présente étude s'attachera à montrer l'efficacité d'une remédiation des fractions en utilisant le support numérique Math Mathews Fractions, chez des enfants dyscalculiques de 10 à 12 ans. Pour cette expérimentation, 6 sujets ont été recrutés et deux groupes ont été formés, un groupe expérimental (3 sujets) et un groupe contrôle (3 sujets). Le groupe expérimental a eu comme support de remédiation le jeu Math Mathews Fractions tandis que le groupe contrôle a eu le jeu Math Mathews Multiplications, et ce, 20 minutes par semaine, pendant 6 semaines. Les connaissances en fraction ont été mesurées avant et après ces entraînements. Les résultats obtenus suggèrent une augmentation des performances en fractions pour les sujets ayant eu l'entraînement sur Math Mathews Fractions comparativement aux sujets ayant l'entraînement sur Math Mathews Multiplications. L'analyse des domaines de compétences fractionnaires suggère une amélioration dans les compétences de lexique fractionnaire, d'utilisation de fractions supérieures à 1 et de grandeurs de fractions, ce dernier étant primordial dans la compréhension de cette notion. Cette étude pilote montre l'intérêt de l'utilisation du jeu Math Mathews Fractions dans la remédiation orthophonique des compétences fractionnaires des enfants dyscalculiques.

Mots clés : cognition mathématique – dyscalculie – fractions – remédiation – jeu-vidéo

Abstract

Fractions are a main notion in mathematic learning during primary school and middle school; they are an excellent predictor of success in maths later. However, they are useful in many ways, in everyday life (cooking or finances for example) or in professional life. Some studies showed the complexity of this subject and many adults and children never achieve a good level of comprehension and use of fractions. Overcome this complexity appears to be more difficult for children with dyscalculia. A recent study suggest that the use of video game is a playful and motivating way to learn fractions. The present study will show the efficacy of using Math Mathews Fractions (a video-game) in the remediation of fractions for children from 10 to 12 years old. For this experiment, 6 participants were recruited and 2 groups were created, an experimental group with 3 participants and a control group with 3 participants. Experimental group had a training with the game Math Mathews Fractions and control group had a training with Math Mathews Multiplications during one session of 20 minutes per week, during 6 weeks. Fractions knowledge was measured before and after those training. At the end of the training, results showed that children of the experimental group had an improvement of their performance compared to children of the control group. Domains analysis of fractional skills suggests a clear improvement on fraction vocabulary, using fractions greater than 1 and fraction magnitude knowledge, the last one is main skill in fraction comprehension in general. This pilot study shows the interest of using Math Mathews Fractions, in increasing fractions skills during the remediation of dyscalculic children.

Keywords: mathematical cognition – dyscalculia – fractions – remediation – video-game

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement Marie-Line Gardes et Jérôme Prado sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. Vos conseils et vos réflexions m'ont toujours donné envie d'aller plus loin et grâce à vous, mon goût pour la recherche ne s'est pas tari, bien au contraire. Je voudrai remercier aussi tout particulièrement Jessica, dès le départ tu as pris part à ce projet. Ton soutien, ton accompagnement et ta bonne humeur m'ont touché.

Je tiens à remercier chaleureusement les patients et leur famille d'avoir participé à ce projet et de nous avoir fait confiance. Merci aux orthophonistes qui ont cru en cette expérimentation et qui ont donné de leur temps pour la réalisation de ce mémoire. Merci pour vos retours, toujours constructifs.

J'aimerai également remercier toutes les orthophonistes que j'ai pu rencontrer lors de ces cinq années et qui m'ont donné l'envie de pratique, je pense notamment à Isabelle Coignard et Cloé Delor.

Un merci particulier à Agathe Chabroud, qui m'a montré pendant cette dernière année comment la recherche pouvait s'articuler concrètement dans la prise en soin des patients. Merci pour ta présence bienveillante au quotidien.

Merci à Mélina, mon binôme depuis quelques années maintenant. Merci pour ton soutien, ton écoute, ta présence, tous ces précieux moments partagés, pour nos foudrilles et pour nos longues journées à la bibliothèque.

Merci à tous mes amis, qui ont suivis de près ou de loin ce mémoire : Léa, ma marraine, pour ta relecture et tes précieux conseils dès la 1^{ère} année, Marion, pour tous les bons moments partagés, pour ta bonne humeur et ta relecture. Merci à Claire et Elodie, vous avez traversé le temps et les épreuves. Merci à Lou, Léa, Charlotte, et tous les autres, merci pour votre présence et votre soutien.

Et pour finir, un grand merci à ma famille. Merci d'avoir toujours montré de l'intérêt pour ce que je faisais et de me pousser à aller toujours plus loin.

Sommaire

I Partie théorique	1
1 Développement des compétences en fractions.....	2
1.1 La notion de fraction.....	2
1.2 Concepts et procédures	3
2 Les difficultés liées au développement de la notion de fraction.....	4
3 Les dyscalculiques, un profil particulier de traitement des fractions	7
3.1 Généralités sur la dyscalculie.....	7
3.2 Des difficultés spécifiques dans le traitement des fractions	7
3.3 Remédiation	9
II Méthode.....	11
1 Population	11
2 Matériel	12
2.1 Matériel pour les mesures préalables à l'expérimentation	12
2.1.1 Evaluation de l'efficacité intellectuelle	12
2.1.2 Evaluation des habiletés mathématiques et de raisonnement.	13
2.2 Matériel nécessaire à l'expérimentation	14
2.2.1 Test des compétences en fractions.	14
2.2.2 Entraînement : Math Mathews.	14
2.2.3 Analyse des résultats.....	16
2.2 Questionnaire de satisfaction	17
3 Procédure.....	17
III Résultats.....	18
1 Résultats des tests préalables de sélection	18
1.1 Résultats du test d'efficacité intellectuelle (NEMI-2)	18
1.2 Résultats des tests de Fluence Arithmétique et de Résolution de Problèmes (tests 6 et 10, Woodcock-Johnson).....	19
2 Résultats expérimentaux	19

2.1 Résultats par groupes	19
2.1.1 Groupe contrôle.	19
2.1.2 Groupe expérimental.	20
2.2 Résultats expérimentaux globaux inter-groupes	20
2.3 Résultats expérimentaux par domaines de compétences.....	21
3 Résultats du questionnaire de satisfaction	23
IV Discussion.....	24
1 Re-contextualisation.....	24
2 Résultats de l'étude.....	24
2.1 Résultats expérimentaux.....	24
2.2 Résultats préalables.....	26
3 Limitations de l'étude.....	27
4 Perspectives.....	28
4.1 Perspectives de recherche.....	28
4.2 Implications cliniques et théoriques.....	29
Conclusion.....	30
Références	31
Annexes.....	

I Partie théorique

Les champs de compétences de l'orthophonie sont multiples, du langage oral aux pathologies neurodégénératives en passant par l'oralité et la cognition mathématique. Selon le référentiel d'activités des orthophonistes du Bulletin Officiel n°32 du 5 septembre 2013, l'orthophoniste est le seul professionnel de santé habilité à prendre en soin les troubles de la cognition mathématique. Pour Alain Ménissier, (2017, p.6), la cognition mathématique se rapporte à toutes les « fonctions cognitives qui participent à la construction de l'ensemble des notions mathématiques ». Autrement dit, toutes les opérations mentales nécessaires pour comprendre et appliquer les notions mathématiques. Ce mémoire s'inscrit donc dans les recherches actuelles sur la cognition mathématique et plus particulièrement sur la dyscalculie. Il traitera de la notion de fraction, une notion complexe et néanmoins très importante dans le développement des connaissances mathématiques.

De nombreuses études ont montré que la connaissance des fractions n'atteint jamais un niveau élevé pour beaucoup d'enfants et d'adultes (Siegler & Lortie-Forgues, 2014; Mazzocco & Devlin, 2008). Pourtant de bonnes compétences en fractions prédisent un bon niveau en mathématiques plus tard, ainsi les enfants ayant des difficultés précoces en fractions ont tendance à avoir des difficultés en mathématiques à l'avenir (Braithwaite, Tian, & Siegler, 2018; Hecht & Vagi, 2010). De plus, elles sont essentielles dans la vie quotidienne, pour des activités aussi variées que la conversion des quantités en cuisine ou la tenue des comptes par exemple. De même, elles sont nécessaires pour bon nombre de métiers, où les compétences mathématiques ne sont pas exigées, mais pour lesquels l'utilisation des fractions est primordiale comme le calcul des dosages médicamenteux pour les infirmiers par exemple (Mazzocco, Myers, Lewis, Hanich, & Murphy, 2013).

Très peu de recherches ont été conduites sur les difficultés que représentent l'acquisition et le développement des fractions chez les enfants dyscalculiques (Berch, 2017) et encore moins sur la remédiation des fractions chez cette population. Dans ce mémoire, nous discuterons donc des difficultés spécifiques que représentent les fractions pour les enfants dyscalculiques. Nous évaluerons ensuite les effets de l'utilisation d'un jeu vidéo didactique comme support de rééducation des compétences en fractions chez des enfants dyscalculiques.

1 Développement des compétences en fractions

1.1 La notion de fraction

La fraction est un nombre qui appartient à l'ensemble des nombres réels. Ce terme est couramment utilisé pour désigner une écriture fractionnaire d'un nombre rationnel. Ce dernier s'exprime alors, selon cette représentation, sous la forme du quotient de deux entiers a et b , avec b non nul, a étant appelé numérateur et b dénominateur, séparés par une barre horizontale, appelée trait de fraction. Une fraction peut ainsi, selon sa forme, déboucher sur trois types de représentations : un nombre entier, une fraction irréductible, où le numérateur et le dénominateur sont premiers entre eux, ou bien une fraction décimale, où le dénominateur est une puissance de 10, correspondant aux nombres décimaux.

Les apprenants ont beaucoup de difficultés à faire le lien entre l'unique représentation des nombres entiers qu'ils connaissent jusque-là et la représentation fractionnaire ou décimale des nombres entiers et plus généralement des rationnels. Alors en quoi sont-ils semblables, qu'est-ce qui les rapprochent et font d'eux des nombres réels ? Chacun de ces nombres peut être associé à une grandeur (Siegler, Fazio, Bailey, & Zhou, 2013; Siegler & Lortie-Forgues, 2014; Vamvakoussi, 2015). Ainsi, lorsque les apprenants parviennent à comprendre que les nombres rationnels peuvent être associés à une grandeur, ils peuvent les représenter sur une ligne numérique et cela semble leur conférer un avantage dans leur compréhension des nombres rationnels et plus particulièrement des fractions (Jordan et al., 2013; Liu, 2018; McMullen, Laakkonen, Hannula-Sormunen, & Lehtinen, 2015; Van Hoof, Vandewalle, Verschaffel, & Van Dooren, 2015). Comprendre la grandeur des fractions permet de vérifier la plausibilité des réponses proposées et de comprendre les résultats induits par les opérations, d'inhiber des procédures inadéquates mais aussi de les comprendre. Cela évite l'application de procédures arbitraires donnant lieu à des résultats incohérents (Siegler & Pyke, 2013). Il convient néanmoins de distinguer les représentations primitives et non primitives : celles dont la grandeur est directement accessible en mémoire avec la seule représentation symbolique, comme c'est le cas pour les nombres entiers à une unité (3 par exemple), et celles dont la grandeur n'est pas accessible directement et pour lesquelles il est nécessaire d'opérer un processus de calcul, comme c'est le cas pour les nombres rationnels, les nombres négatifs et les nombres entiers à plusieurs unités (24 par exemple). Ainsi il

apparaît que la grandeur de la fraction n'est pas automatiquement retrouvée en mémoire à long terme mais nécessite un traitement (Bonato, Fabbri, Umiltà, & Zorzi, 2007; McMullen et al., 2015; Vamvakoussi, 2015).

Dans l'enseignement en France, les fractions sont introduites au CM1 et sont enseignées tout au long de l'école élémentaire puis du collège. Cette notion est prépondérante dans le cursus scolaire de tous les élèves. Néanmoins, même si les fractions sont acquises secondairement aux nombres entiers, il existe, selon Geary (2006), une connaissance précoce des ratios chez tous les enfants (par exemple pour le partage de bonbons, de gâteaux ou de jouets).

1.2 Concepts et procédures

Selon le modèle de Geary (2006), le développement mathématique repose sur l'acquisition de concepts et de procédures numériques. Les connaissances conceptuelles sont des connaissances générales et abstraites des nombres. Celles-ci impliquent de connaître leurs propriétés invariantes, leur notation ainsi que les principes qui sous-tendent leur utilisation. Elles permettent aussi la création de liens entre les anciennes et les nouvelles informations, ainsi que la reconnaissance de points communs et de différences entre toutes ces informations. Les procédures, quant à elles, sont un ensemble d'étapes séquentielles permettant la résolution des quatre opérations arithmétiques de base, à savoir l'addition, la soustraction, la multiplication et la division. Afin d'avoir de bons acquis dans un domaine en général et plus particulièrement en mathématiques, il est donc nécessaire d'avoir une bonne fluence et une bonne précision dans ces deux types de connaissances (Geary, 2006; Misquitta, 2011; Siegler et al., 2013). L'acquisition de connaissances conceptuelles ne requiert pas nécessairement beaucoup de pratique, en revanche les connaissances procédurales s'ancrent généralement à travers un entraînement répété d'étapes à réaliser. Les relations entre concepts et procédures ont longtemps été discutées. Pourtant selon certains auteurs, leurs relations sont bidirectionnelles (Hecht & Vagi, 2010; Siegler et al., 2013; Siegler, Thompson, & Schneider, 2011). En d'autres termes, elles s'influencent mutuellement et leurs développements sont liés.

Dans le cas particulier des fractions, connaître leurs concepts, c'est savoir qu'une fraction est un nombre qui peut être positif ou négatif, qu'il y a une infinité de nombres entre chaque fraction, qu'il existe une relation entre le dénominateur et le numérateur qui détermine la grandeur de la fraction, que cette grandeur augmente

avec la taille du numérateur et diminue avec la taille du dénominateur, et qu'elles peuvent être représentées sur une ligne numérique. Les connaissances conceptuelles permettent alors de comparer et de juger des grandeurs de fractions, de comprendre les différentes représentations symboliques des fractions et de déterminer l'équivalence entre deux fractions (Misquitta, 2011). Elles sont utiles pour sélectionner les procédures adaptées dans la résolution de problèmes verbaux et d'opérations arithmétiques ainsi que pour anticiper les résultats attendus (Van Hoof, Verschaffel, Ghesquière, & Van Dooren, 2017). Elles sont ainsi nécessaires pour détecter et éviter les erreurs procédurales. Les connaissances procédurales des fractions, quant à elle, impliquent de savoir que pour additionner ou soustraire deux fractions il est nécessaire d'avoir un dénominateur commun, ce qui n'est pas le cas pour une multiplication ou une division de fractions (Misquitta, 2011; Siegler et al., 2013).

Dans le cas des fractions, l'association entre connaissances conceptuelles et procédurales, supposée bidirectionnelle, est loin d'être parfaite. Ainsi, appliquer une procédure impliquant des fractions ne veut pas nécessairement dire que la connaissance conceptuelle reliée est acquise et comprise. Braithwaite, Pyke et Siegler (2017) ont appuyé le fait que la plupart des connaissances procédurales vont entraîner le développement spontané des connaissances conceptuelles. De plus, selon Hallett, Nunes, Bryant et Thorpe (2012), les connaissances conceptuelles et procédurales sont fortement reliées aux compétences plus générales en fraction chez les apprenants.

2 Les difficultés liées au développement de la notion de fraction

L'acquisition de certaines connaissances mathématiques nécessite une réorganisation conceptuelle des informations précédentes déjà encodées (Siegler et al., 2013). Ce processus de réorganisation est plus long et plus laborieux qu'un simple enrichissement et cela entraîne souvent des difficultés notables dans la maîtrise de ces nouvelles connaissances. En effet, intégrer ces informations sur la base de connaissances déjà ancrées entraîne des conceptions erronées car celles-ci ne sont pas pertinentes pour traiter de façon adéquate les nouvelles. C'est le cas de la notion de fraction qui induit une réorganisation conceptuelle du système numérique (Stafylidou & Vosniadou, 2004). Ainsi la notion de fraction nécessite la construction d'un nouveau réseau complexe, avec des nombres rationnels, basé sur

des relations multiplicatives plutôt qu'additives comme c'était le cas pour les nombres entiers, impliquant la création de nouvelles représentations symboliques et la compréhension des différents sens que peut prendre la fraction : partie d'un tout, ratio, mesure, quotient, opérateur (Vamvakoussi, 2015). Un autre exemple de réorganisation conceptuelle est celle de la ligne numérique mentale. En effet celle-ci va progressivement s'étendre à droite pour les grands nombres et de façon interstitielle entre les nombres entiers pour intégrer les nombres rationnels (Siegler & Lortie-Forgues, 2014). Cette réorganisation conceptuelle est nécessaire pour une bonne compréhension des nombres rationnels et plus spécifiquement des fractions (McMullen et al., 2015).

Au départ, les apprenants traitent la fraction en se basant sur leurs connaissances antérieures des nombres entiers. La connaissance des nombres entiers constitue alors une barrière et une difficulté supplémentaire à surmonter dans l'acquisition du concept de fraction. C'est ce qu'on appelle le biais du nombre entier (Ni & Zhou, 2005). Ce biais entraîne de nombreuses erreurs dans le traitement des fractions car les apprenants appliquent de façon inappropriée les propriétés des nombres entiers aux fractions, en les sur-généralisant (Lortie-Forgues, Tian, & Siegler, 2015; Ni & Zhou, 2005; Siegler et al., 2013; Stafylidou & Vosniadou, 2004; Van Dooren, Lehtinen, & Verschaffel, 2015; Van Hoof et al., 2015). Ainsi ce sens du nombre entier induit que les enfants présupposent que toutes les propriétés des nombres entiers continuent de s'appliquer aux nombres rationnels, causant systématiquement des erreurs lorsque les nombres rationnels se comportent différemment des nombres entiers. Lorsque les fractions sont introduites en école élémentaire, un certain nombre de propriétés acquises sur les nombres sont violées et cela entraîne des confusions et de fausses affirmations dans l'acquisition des propriétés des nombres rationnels (Van Hoof et al., 2015). Toutefois, la persistance de ce biais peut varier selon les enfants, de même que certains n'expérimenteront pas ce décalage ou que d'autres, avec un concept du nombre entier instable, seront eux aussi confrontés à des difficultés dans l'acquisition de cette notion (Mazzocco et al., 2013).

Les erreurs liées au biais du nombre entier sont les plus fréquentes. Elles concernent à la fois des croyances erronées sur le fonctionnement des fractions mais aussi une application incorrecte des procédures. L'étude de Van Hoof et al., (2015) a

montré que les étudiants faisaient majoritairement des erreurs imputables au biais du nombre entier. En effet, lorsque les items sont congruents aux propriétés des nombres entiers, leur taux de réussite est plus important que pour les items incongruents, c'est-à-dire où les propriétés des nombres entiers ne s'appliquent pas.

Des chercheurs ont identifié 4 aspects principaux sur lesquels les nombres entiers diffèrent des nombres rationnels et pouvant mener à des erreurs lorsque ceux-ci ne sont pas intégrés. Le premier aspect qui distingue ces deux types de nombres est lié à la notion de densité. En effet, les nombres entiers sont des nombres dits discrets, ils ont un successeur et un prédécesseur unique tandis que les nombres rationnels sont dits denses, entre deux nombres rationnels il existe une infinité de nombres rationnels. Cette propriété est la plus difficile à comprendre et à intégrer pour les apprenants (McMullen et al., 2015). La deuxième propriété qui distingue les nombres rationnels des nombres entiers est le fait qu'un nombre rationnel va avoir plusieurs représentations symboliques possibles (fractions équivalentes, nombres décimaux, etc.) alors que, jusqu'à présent, les élèves n'étaient confrontés qu'à une seule et unique représentation des nombres entiers. De surcroît, plus l'écriture décimale d'un nombre entier contient de chiffres, plus la valeur du nombre est grande, en revanche cela ne s'applique pas aux nombres rationnels. Que ce soit pour une fraction ou un nombre décimal, le fait que leur écriture décimale ait beaucoup de chiffres ne signifie pas que leur valeur sera plus élevée qu'une fraction ou qu'un nombre décimal dont l'écriture décimale a peu de chiffres, ou alors qu'une fraction dont l'écriture fractionnaire a des petits nombres entiers (par exemple $\frac{2}{3}$) sera plus petite qu'une fraction dont l'écriture fractionnaire a de grands nombres entiers (par exemple $\frac{24}{19}$) (Lortie-Forgues et al., 2015; Tuna, Biber, & Aliustaoğlu, 2018). Enfin, lorsque les nombres entiers sont présentés à l'école élémentaire, les enfants construisent des lois arithmétiques qui entraînent les conclusions suivantes : une addition et une multiplication vont toujours mener à un résultat de valeur plus grande que la valeur des opérandes et inversement pour les soustractions et les divisions qui vont mener à des résultats aux valeurs plus petites que les opérandes. Ces affirmations ne sont pas vraies pour les nombres rationnels (Lortie-Forgues et al., 2015; McMullen et al., 2015; Siegler & Lortie-Forgues, 2014; Van Hoof et al., 2015).

Ainsi, les erreurs en procédures arithmétiques les plus communes sont l'addition et la soustraction des numérateurs ensemble et des dénominateurs ensemble et de façon indépendante. (Tuna et al., 2018). Cette erreur est notamment due à la généralisation des processus appris sur les opérations impliquant des nombres entiers et au fait que les apprenants ne voient pas la fraction comme un nombre à part entière qui doit être traité dans son ensemble.

Il est important de noter la part de l'enseignement dans les difficultés que présentent les enfants lors du traitement de la notion de fraction. Les enseignants ont eux-mêmes des difficultés à comprendre les impacts du biais du nombre entier, qui est pourtant à prendre en compte dans la façon d'aborder les fractions. De plus, la méthode la plus utilisée pour introduire les fractions est de les présenter comme une partie d'un tout (la fameuse part de tarte). Mais cette présentation entraîne une difficulté supplémentaire, pour les apprenants, dans le traitement des fractions ne correspondant pas à cet aspect (fraction supérieure à 1 par exemple ; telle que $9/8$). Ce modèle de présentation peut alors impacter négativement l'interprétation des fractions, par exemple comprendre que la fraction $2/3$ peut représenter à la fois 2 parts de tarte découpée en 3 mais aussi un partage de 2 parts entre 3 personnes (Misquitta, 2011).

3 Les dyscalculiques, un profil particulier de traitement des fractions

3.1 Généralités sur la dyscalculie

La dyscalculie développementale est, selon le Manuel Diagnostique et statistique des troubles mentaux n°5, DSM-5 (American Psychiatric Association et al., 2015), un trouble spécifique des apprentissages touchant l'arithmétique, caractérisée par des difficultés à maîtriser le sens des nombres, les données chiffrées ou le calcul, et/ou touchant le raisonnement mathématique. Ce trouble perturbe les compétences scolaires, universitaires et/ou professionnelles ainsi que les activités de la vie quotidienne. Elle se caractérise par des difficultés qui perdurent depuis plus de 6 mois malgré la mise en place d'interventions spécifiques (soutien scolaire, rééducation, etc.). La dyscalculie toucherait 5 à 10% de la population (Szűcs & Goswami, 2013).

3.2 Des difficultés spécifiques dans le traitement des fractions

Les enfants dyscalculiques montrent un plus grand désavantage dans le traitement et l'apprentissage des fractions que les enfants tout-venants ou que ceux

ayant un faible niveau en mathématiques. En effet ils ont un retard en performance mathématique généralement de 2 ans voire plus (Misquitta, 2011) et cela impacte fortement leur performance dans le traitement des fractions comme la comparaison de fractions, l'estimation de la grandeur d'une fraction ou encore la résolution d'opérations impliquant des fractions (Bailey, Siegler, & Geary, 2014; Hecht & Vagi, 2010; Mazzocco & Devlin, 2008; Siegler & Pyke, 2013; Tian & Siegler, 2017). D'une façon plus générale, certaines études ont démontré que ces enfants arrivaient au collège non seulement avec des connaissances moindres en fractions mais que leurs progrès étaient significativement moins importants que les enfants tout-venants. Ainsi l'écart entre les performances en fractions, des enfants tout-venants et des enfants dyscalculiques, déjà présent au début de l'apprentissage, a tendance à se creuser davantage et à devenir plus considérable au collège (Hansen, Jordan, & Rodrigues, 2017; Tian & Siegler, 2017).

L'étude de Van Hoof et al. (2017) suggère que, comparativement aux apprenants dits typiques, les enfants dyscalculiques sont beaucoup plus affectés par le biais du nombre entier. Leur précision sur les tâches arithmétiques inconsistantes, c'est-à-dire impliquant des nombres rationnels où les propriétés des nombres entiers ne sont pas applicables, est plus faible et leurs erreurs plus nombreuses.

Mazzocco et Devlin (2008), ont montré que les connaissances conceptuelles en fractions semblaient particulièrement difficiles à acquérir pour les enfants avec dyscalculie. Ainsi, cela expliquerait les résultats de l'étude de Hecht et Vagi (2010), qui décrit des difficultés en addition, estimation et résolution de problèmes ainsi qu'une faible amélioration de ces tâches au cours des années en comparaison des enfants typiques.

Les enfants avec dyscalculie ont un répertoire de stratégies beaucoup plus limité que leurs pairs, qu'ils utilisent d'ailleurs moins. De la même façon ils ont des difficultés à généraliser, de façon pertinente à toutes les fractions, les stratégies appropriées (Mazzocco et al., 2013). Par exemple, pour les additions et soustractions de fractions, les enfants dyscalculiques utilisent plus souvent une stratégie d'indépendance des dénominateurs et numérateurs en les additionnant deux à deux de façon séparée. Cette stratégie mène systématiquement à des réponses erronées. Cette application n'est pas liée à la sélection d'une mauvaise stratégie mais plutôt à

la difficulté que représente la génération d'un dénominateur commun tout en gardant la grandeur initiale de la fraction.

La plupart des enfants dyscalculiques ont des difficultés à comprendre la relation qui existe entre les deux entiers composant une fraction, que sont le numérateur et le dénominateur (Siegler & Pyke, 2013). C'est ce qui induit le fait que pour estimer la grandeur d'une fraction, ces enfants se basent soit uniquement sur la grandeur du numérateur soit sur celle du dénominateur, mais rarement de la relation existant entre les deux et menant à la grandeur de la fraction. De même qu'ils ont des difficultés à comprendre l'équivalence entre deux fractions, induisant un faible sens des nombres rationnels (Mazzocco & Devlin, 2008).

L'étude de Berch (2017) a montré que les enfants avec dyscalculie ont une difficulté toute particulière dans le transcodage numérique des différentes représentations des nombres rationnels. Il est donc primordial pour eux de faire le lien entre toutes ces notations. Celles-ci entraînent une confusion chez les enfants tout-venants, mais cette confusion est encore plus présente et forte chez les enfants dyscalculiques, ce qui représente un vrai challenge dans leur compréhension des fractions.

3.3 Remédiation

Les études sur les compétences en fractions chez les dyscalculiques sont peu nombreuses, celles sur leur remédiation le sont encore moins. Selon plusieurs études il serait important de maîtriser le sens de la grandeur des fractions, et ainsi de savoir réaliser des tâches de comparaison ou de placement sur une ligne numérique mentale (Siegler et al., 2013; Tian & Siegler, 2017; Torbeyns, Schneider, Xin, & Siegler, 2015; Torbeyns et al., 2015). Selon Tian et Siegler, (2017) une intervention sur la grandeur des fractions chez les enfants avec dyscalculie permettrait de soutenir l'apprentissage des opérations impliquant des fractions en général.

Les jeux vidéo didactiques sont de plus en plus utilisés que ce soit dans l'apprentissage ou dans la rééducation. Ils sont définis comme des jeux intégrant à la fois des aspects ludiques et éducatifs, soutenus par un média numérique. Selon Griffiths (2002), les jeux vidéo ont un potentiel d'apprentissage positif en plus de leur valeur ludique. Le facteur motivation est essentiel pour qu'un apprentissage soit efficace, et c'est le propre de ces jeux, qui sont motivants car répondant à 3 paramètres essentiels : notion de défi, de fantaisie et de curiosité. Ainsi, les jeux

vidéo tels que les « serious game » seraient aujourd'hui une nouvelle méthode attractive et intéressante pour l'apprentissage (de Freitas, 2006) et leur utilisation serait particulièrement pertinente dans la prise en charge des enfants avec des troubles d'apprentissage, comme la dyscalculie (Cardoso-Leite & Bavelier, 2014).

Dans le domaine des mathématiques, on note un développement important de l'intérêt de l'utilisation d'applications informatiques pour améliorer les compétences numériques et l'apprentissage des mathématiques. L'étude de Sella, Tressoldi, Lucangeli et Zorzi (2016) a montré l'efficacité de l'utilisation d'un jeu vidéo, The Number Race, dans l'augmentation des compétences numériques chez les enfants d'âge préscolaire. Ninaus, Kiili, McMullen et Moeller, (2017), encouragent l'utilisation d'applications de jeux vidéo, qui apporteraient une manière ludique et motivante d'entraîner les enfants comme les adultes en mathématiques. Dans leur étude, ils ont utilisé un jeu vidéo sur les fractions afin d'évaluer la connaissance en fractions d'enfants en CM2. L'utilisation des jeux vidéo dans le cas de l'apprentissage et de l'amélioration des compétences en fractions est pertinente selon ces auteurs.

Problématique et hypothèses

Ainsi, ce mémoire s'appliquera à démontrer si l'utilisation d'un jeu vidéo sur les fractions, par les orthophonistes, comme support de rééducation, peut améliorer les compétences en fractions des enfants dyscalculiques de 10 à 12 ans et ce, de façon plus importante que l'utilisation d'un jeu vidéo sur les multiplications.

L'utilisation d'un support numérique, tel que le jeu vidéo Math Mathews Fractions lors de séances de rééducation, peut développer des compétences en fractions chez des enfants dyscalculiques de 10 à 12 ans comparativement à l'utilisation du support numérique Math Mathews Multiplications. En termes opérationnels, cette hypothèse serait qu'un entraînement de 20 minutes, pendant 6 séances, sur le jeu vidéo Math Mathews Fractions, avec un orthophoniste, permettrait une amélioration plus importante des compétences en fractions pour des enfants dyscalculiques de 10 à 12 ans qu'un entraînement sur le jeu vidéo Math Mathews Multiplications.

II Méthode

1 Population

Les participants de l'étude devaient être âgés de 10 ans à 12 ans lors du recrutement. Ces âges correspondent à la période d'apprentissage et de consolidation de la notion de fraction dans l'enseignement mathématique français selon le Bulletin Officiel n°30 (Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2018). Les participants devaient être suivis par un orthophoniste pour une dyscalculie ou des troubles logico-mathématiques avérés. Ces deux appellations étaient acceptées lors de la sélection des participants car elles renvoient toutes deux à des troubles en mathématiques. Les participants devaient être de langue maternelle française, le bilinguisme étant accepté. Ils ne devaient pas présenter de troubles psychiatriques ou de troubles visuels non corrigés, et ce afin qu'il n'y ait aucune difficulté lors de l'entraînement sur tablette. Les troubles neuro-développementaux tels que la dyslexie par exemple, tout comme les troubles de l'attention, étaient admis tant il est difficile de trouver des sujets ayant une dyscalculie isolée. Selon le DSM-5, l'efficience intellectuelle doit être dans la norme pour pouvoir poser un diagnostic de dyscalculie valide. Une efficience intellectuelle faible, mesurée à l'aide d'un test préalable, était ainsi un critère d'exclusion pour cette expérimentation.

Les participants ont été recrutés dans les cabinets d'orthophonie où ceux-ci étaient suivis. Les orthophonistes recevaient un mail d'explication de l'étude avec un flyer (Annexe A) et deux notices d'information à fournir aux familles, une pour les parents (Annexe B) et une pour l'enfant (Annexe C). Ces documents avaient pour but d'expliquer aux orthophonistes et aux familles le déroulement de l'expérimentation ainsi que ses objectifs. Les familles volontaires devaient ensuite se manifester auprès de leur orthophoniste qui proposait alors leur participation à l'étude. 15 familles ont répondu à l'annonce. Seulement 6 participants ont intégré l'expérimentation. Suite aux résultats préalables du test d'efficience intellectuelle, 6 participants ont eu des résultats inférieurs au seuil requis et 3 n'ont pas pu terminer leur entraînement. Ainsi 4 orthophonistes ont suivi le protocole d'entraînement avec leurs patients.

A partir de cet échantillon, deux groupes ont été créés. Un groupe contrôle constitué de 3 participants (3 filles) et un groupe expérimental constitué de 3

participants (2 garçons et 1 fille). Ces groupes ont été réalisés par tirage au sort. La différence entre ceux-ci se situe au niveau de l'entraînement proposé. Le groupe contrôle a eu pour entraînement un jeu sur les multiplications (Math Mathews Multiplications) tandis que le groupe expérimental s'est entraîné à un jeu sur les fractions (Math Mathews Fractions). Chaque participant a été vu plusieurs fois dans le cabinet libéral où il était suivi, sur son temps de séance habituel, afin d'éviter une contrainte de disponibilité et de déplacement pour l'enfant et ses parents et d'inclure ce jeu dans une démarche thérapeutique.

2 Matériel

2.1 Matériel pour les mesures préalables à l'expérimentation

Afin de respecter les critères d'inclusion de l'étude et du DSM-5, chaque enfant a passé un test d'efficacité intellectuelle pour s'assurer de l'absence de difficultés intellectuelles et un test de compétences arithmétiques (fluence arithmétique) et de raisonnement (problèmes), afin d'objectiver les difficultés en mathématiques. Les enfants étaient alors recrutés selon leurs résultats aux différents tests de sélection.

2.1.1 Evaluation de l'efficacité intellectuelle.

Le test d'efficacité intellectuelle utilisé pour ce protocole est la Nouvelle Echelle Métrique de l'Intelligence, 2^{ème} édition (Cognet, 2006), la NEMI-2, de 4 ans 6 mois à 12 ans 6 mois publiée aux Editions du Centre de Psychologie Appliquée (ECPA). La NEMI-2 a été étalonnée sur 837 enfants. Cette échelle permet d'obtenir rapidement et de façon fiable un score d'efficacité intellectuelle. Cette échelle propose 4 épreuves obligatoires : connaissances, comparaisons, matrices analogiques et vocabulaire ainsi que 3 épreuves facultatives : adaptation sociale, répétition de chiffres et comptage de cubes. Les enfants ont été soumis aux 4 épreuves obligatoires afin d'obtenir un indice d'efficacité cognitive mais aussi à 2 épreuves facultatives, la répétition de chiffres et le comptage de cubes afin d'obtenir plus d'informations sur leur fonctionnement cognitif.

L'épreuve de connaissances est constituée d'une série de questions de culture générale où les enfants doivent répondre oralement. Pour le sous-test de comparaisons, les enfants doivent indiquer ce qui fait que 2 à 3 éléments donnés oralement se ressemblent. Dans la sous-épreuve de matrices analogiques, les enfants doivent, à partir d'une ligne modèle, extraire la transformation effectuée afin

de l'appliquer à une autre ligne donnée et trouver l'image adéquate pour compléter la suite. Enfin l'épreuve de vocabulaire est un test oral de définition de mots où les enfants doivent, avec leur propre lexique, expliquer le sens du mot donné par l'expérimentateur.

Afin d'entrer dans l'étude, le score brut minimal requis à la NEMI-2 était de 10, soit un score en percentiles de 13.1 et soit un indice d'efficacité cognitive minimal entre 77 et 89. A la suite de la passation de la NEMI-2 aux sujets, 6 participants ont été exclus sur les 15 recrutés car ils ont présenté des résultats inférieurs au score minimal de 10 au test d'efficacité intellectuelle.

2.1.2 Evaluation des habiletés mathématiques et de raisonnement.

Les habiletés en mathématiques ont été mesurées grâce à deux sous-tests de la batterie Woodcock-Johnson Tests of Achievement (Woodcock, McGrew, & Mather, 2001), les sous-tests 6 et 10. Cette batterie, créée en 1977 par Richard Woodcock et Mary E. Bonner Johnson, a été revisitée plusieurs fois et les sous-tests sélectionnés font partie de la dernière révision datant de 2014. Cette batterie est divisée en trois sous-batteries, une sur les habiletés cognitives, une sur les habiletés scolaires et une sur les habiletés langagières. Les sous-tests utilisés, le test 6 et le test 10, sont extraits de la sous-batterie sur les habiletés scolaires. L'étalonnage original correspond à des normes établies sur une population étrangère mais l'article de Schwartz, Epinat-Duclos, Léone, Poisson et Prado (2018) présente un étalonnage, de ces sous-tests, réalisé sur 428 enfants français du CE2 à la 3^{ème} dans la région lyonnaise. Ces normes françaises seront donc utilisées pour ce mémoire car elles permettent une comparaison entre les résultats obtenus à cette passation et ceux obtenus par des enfants de même âge et ayant le même programme scolaire (et le même contexte culturel).

Le test 6 est un test de fluence arithmétique. Lors de cette épreuve, les enfants doivent réaliser le maximum d'opérations de trois types, additions, soustractions et multiplications, en 3 minutes. Le test 10 regroupe un ensemble de problèmes à réaliser. A l'inverse de l'épreuve précédente, celle-ci n'est pas chronométrée. L'épreuve s'arrête quand tous les problèmes ont été réalisés ou quand on note 6 erreurs consécutives.

Les sujets devaient obtenir un score inférieur au 25^{ème} percentile à au moins l'une des deux épreuves proposées afin de vérifier la présence d'un véritable trouble

en mathématiques. En effet dans l'étalonnage français, les enfants présentant des troubles mathématiques ont obtenu des scores inférieurs au percentile 25 dans les tests proposés.

2.2 Matériel nécessaire à l'expérimentation

2.2.1 Test des compétences en fractions.

Afin d'objectiver une amélioration des compétences en fractions après l'entraînement sur tablette, un test regroupant différentes facettes des fractions a été utilisé. Il est composé de deux versions : une partie A et une partie B (Annexe D et E), qui sont constituées des mêmes questions mais qui se distinguent par des valeurs différentes, ce qui permet de limiter l'effet test-retest. La moitié des participants a donc passé en pré-test le fascicule A et le fascicule B en post-test, après l'entraînement, et l'autre moitié a d'abord passé le pré-test B puis le post-test A. Chaque passation dure 30 minutes. Si les enfants finissent avant le temps imparti, leur temps est noté sur leurs feuilles de passation. Le score obtenu est calculé en pourcentage de réussite.

Les fascicules regroupent toutes les notions en lien avec les fractions abordées dans le jeu. Ainsi ce test permet d'évaluer, sur papier, les notions travaillées lors de l'entraînement. Ils se composent chacun de 25 questions. Celles-ci sont divisées en différents domaines évalués : représentations des fractions (par exemple l'association d'une fraction avec la figure correspondante), vocabulaire propre à cette notion (passer du code arabe ou code écrit et inversement avec les fractions), placement et repérage des fractions sur un axe gradué (par exemple placer une fraction sur une ligne numérique), comparaison de fractions, addition et décomposition additive avec des fractions (par exemple décomposer une fraction en la somme d'une fraction et d'un nombre entier) et utilisation des fractions lors de la résolution de problèmes. Les résultats obtenus correspondent à la variable dépendante de cette étude.

2.2.2 Entraînement : Math Mathews.

Les jeux Math Mathews Fractions et Math Mathews Multiplications ont été conçus par le studio de jeux vidéo et d'applications mobiles Kiupe, fondé en 2012. Math Mathews Fractions a été réalisé en partenariat avec le laboratoire de l'Institut des Sciences Cognitives Marc Jeannerod. Il a donc été pensé et conçu selon les dernières recherches faites sur la cognition mathématique et l'apprentissage des

mathématiques ainsi qu'en accord avec les programmes scolaires concernant l'apprentissage des fractions. Ces jeux ont une visée didactique. Ils ont pour but d'être utilisés afin de parfaire les connaissances en mathématiques et plus particulièrement en fractions et multiplications. Ils sont actuellement commercialisés sur tablette pour les interfaces Android et Ipad. Ainsi le type d'entraînement proposé constitue la variable indépendante de cette étude (variable inter-sujet à 2 modalités : jeu sur les fractions et jeu sur les multiplications).

Math Mathews Fractions est un jeu d'aventure où l'enfant incarne un pirate échoué sur une île inconnue et dont le but est d'atteindre le trésor. Pour cela il doit vaincre des petits monstres qui se dressent sur son chemin et débloquent son passage en réalisant des activités autour des fractions. Si la réponse donnée à l'énigme n'est pas correcte alors le portail ne s'ouvre pas et le pirate ne peut avancer dans sa quête. L'enfant se trouve donc contraint dans la résolution des énigmes et dans l'utilisation des fractions, il a un feed-back immédiat sur ses résultats puisqu'il peut se retrouver bloqué si la tâche n'est pas réussie.



Capture d'écran d'une activité du jeu Math Mathews Fractions.

Différentes activités autour des fractions sont proposées dans ce jeu, elles font toutes appel à des compétences acquises lors de l'apprentissage des fractions à l'école. Chaque activité permet de réaliser un type précis de tâche faisant intervenir différentes compétences. Les tâches à réaliser dans le jeu sont les suivantes : reconstituer des disques avec des portions correspondant à un découpage fractionnaire du disque, associer une surface à une fraction (et inversement), placer une fraction sur une droite graduée, associer une fraction à un repère sur une droite graduée, ranger les fractions dans l'ordre croissant, trouver une fraction équivalente, associer une longueur à une fraction (et inversement) et résoudre des problèmes impliquant des fractions simples. Chacune de ces tâches est associée à une activité

ludique. Le descriptif des activités, des tâches et des compétences travaillées se trouve dans l'annexe F. Il est important de noter que le jeu augmente en complexité. Par exemple, en début de jeu l'enfant rencontre des fractions ayant le même dénominateur, puis au fur et à mesure de son avancée il rencontre des fractions avec des dénominateurs différents ayant un multiple commun puis sans multiple commun. Cette progression permet à l'enfant d'être confronté à une difficulté croissante tout au long du jeu.

Le jeu Math Mathews Multiplications, (A la recherche du collier de Sylla), sur les multiplications a un design différent. Il permet de mobiliser, d'entraîner et d'automatiser les tables de multiplications, qui sont des faits arithmétiques. Dans ce jeu, l'enfant incarne un pirate à la recherche d'un trésor et récolte le plus de pièces d'or et d'objets différents. Pour cela, l'enfant doit réussir trois types d'activités chronométrées mobilisant les faits arithmétiques de multiplication. Les activités sont les suivantes : retrouver le résultat d'une multiplication donnée, retrouver la multiplication correspondant à un résultat donné et enfin compléter une multiplication à trou. Le feedback pour chaque réponse de l'enfant est immédiat. L'orthophoniste et l'enfant ont la possibilité de choisir les tables de multiplications qu'ils souhaitent travailler durant la séance. Il existe aussi un module de révisions qui permet à l'enfant de s'entraîner sans être soumis à un temps limité.



Capture d'écran d'une activité du jeu Math Mathews Multiplications.

Ces jeux étant considérés comme des supports de rééducation, ils ne sont pas censés être utilisés en autonomie par l'enfant, l'accompagnement de l'orthophoniste durant leur utilisation est primordial.

2.2.3 Analyse des résultats.

L'échantillon de cette expérimentation est composé de 6 participants au total, soit 3 participants par groupe. Au vu du faible effectif de cet échantillon, et afin de

procéder à l'analyse des résultats recueillis, ceux-ci seront d'abord analysés de façon descriptive puis de façon statistique. Le test statistique utilisé est le test du Q' (Michael, 2007), un test non paramétrique.

2.2 Questionnaire de satisfaction

Afin de recueillir les différents avis des orthophonistes sur la pertinence de l'utilisation clinique de ces jeux en rééducation, un questionnaire de satisfaction a été réalisé (Annexe G). Il permet d'avoir des données sur la pertinence clinique de ce jeu d'après les orthophonistes participants. Il est composé de 6 questions rigoureusement identiques pour chaque jeu. Il a été envoyé aux orthophonistes par mail après leur entraînement.

3 Procédure

Les passations se sont déroulées de novembre 2018 à avril 2019. Les patients étaient vus de 2 à 3 fois en pré-test selon le temps nécessaire à la passation de la NEMI-2 et des tests 6 et 10 du Woodcock-Johnson. Une séance complète d'une demi-heure était nécessaire pour la passation du test des fractions.

L'entraînement s'est ensuite déroulé au cabinet d'orthophonie, en présence de l'orthophoniste et sur le temps des séances de rééducation. L'entraînement sur le jeu vidéo durait alors 20 minutes par séance afin de permettre aux orthophonistes de continuer leurs objectifs de prise en soin en parallèle. Les orthophonistes devaient réaliser 6 séances d'entraînement dont 1 de prise en main. Les séances n'ont pas toujours été réalisées les unes à la suite des autres, en fonction des absences des patients et des vacances scolaires. Lorsque la totalité des séances avec le jeu a été effectuée, les enfants passaient alors le post-test, constitué du feuillet sur les fractions. Ils étaient soumis au test A ou B selon le pré-test effectué. Les orthophonistes ont ensuite reçu le questionnaire de satisfaction afin de recueillir leur avis sur les jeux proposés.

Les résultats récoltés aux différents tests préalables ainsi que ceux de l'expérimentation sont décrits et analysés dans la partie Résultats et Discussion.

III Résultats

Les résultats seront organisés en trois parties, développées selon cet ordre : présentation des résultats obtenus aux tests préalables de sélection, (ceux de la NEMI-2 et ceux des tests 6 et 10 du Woodcock-Johnson), présentation des résultats expérimentaux, (avant et après l'entraînement), et enfin présentation des résultats obtenus au questionnaire de satisfaction.

Les résultats s'appuient sur les données relevées aux tests, qu'elles soient des percentiles ou des scores bruts. Dans les tableaux présentés, les différences significatives sont annotées par un astérisque (*).

1 Résultats des tests préalables de sélection

Les données présentées dans cette partie correspondent à l'analyse des épreuves de la NEMI-2 et des tests 6 et 10 du Woodcock-Johnson. Les résultats seront d'abord présentés de façon descriptive avant d'être analysés afin de s'assurer de l'appariement des groupes contrôle et expérimental.

1.1 Résultats du test d'efficacité intellectuelle (NEMI-2)

Le tableau 1 montre les moyennes et écarts-types des données récoltées. Celles-ci ont été calculées à partir des percentiles associés aux notes standards obtenues par les sujets, et correspondent donc aux scores d'efficacité intellectuelle.

Tableau 1 – Résultats moyens obtenus par les groupes expérimental et contrôle à la NEMI-2

	Groupe Expérimental			Groupe Contrôle		
Sujets	MF-1	MF-2	MF-3	MM-1	MM-2	MM-4
Score obtenu en percentiles	18,5	18,5	25,6	34,2	13,1	34,2
Moyenne (M)	20,86666667			27,16666667		
Ecart-type (ET)	4,099186911			12,18209068		

Bien que le nombre faible de participants ne permette pas de tester statistiquement l'appariement entre les groupes, les moyennes des deux groupes sont, de manière descriptive, relativement similaires, en tenant compte des écarts-types. Ces deux groupes semblent ainsi être appariés en termes d'efficacité intellectuelle.

1.2 Résultats des tests de Fluence Arithmétique et de Résolution de Problèmes (tests 6 et 10, Woodcock-Johnson).

Les notes brutes obtenues au test 6 et 10 du Woodcock-Johnson ont été converties en percentiles. Les données du tableau 2 présentent ainsi les percentiles obtenus par les sujets à chaque test, ainsi que les moyennes et écart-types des deux groupes. Globalement, les résultats suggèrent de meilleurs résultats en test 6 et en test 10 pour le groupe expérimental que pour le groupe contrôle, avec néanmoins de grands écarts entre les performances des sujets de chaque groupe.

Tableau 2 – Moyennes et écart-type en Fluence arithmétique (test 6) et Résolution de problèmes (test 10) du Woodcock-Johnson des groupes contrôle et expérimental.

		Groupe Expérimental			Groupe Contrôle		
Sujets		MF-1	MF-2	MF-3	MM-1	MM-2	MM-4
Test 6	Score obtenu en percentiles	48	7	23	5,5	14,5	0
	Moyenne (M)	26			6,666666667		
	Ecart-type (ET)	20,66397832			7,320063752		
Test 10	Score obtenu en percentiles	10	2	17,5	10	0	0
	Moyenne (M)	9,833333333			3,333333333		
	Ecart-type (ET)	7,751343969			5,773502692		

2 Résultats expérimentaux

Les résultats expérimentaux correspondent aux résultats obtenus par les sujets en compétence fractionnaire, après les entraînements proposés. Ces résultats seront présentés tout d'abord en deux parties : une partie sur les résultats intra-groupes et une partie sur l'interaction entre les groupes. Puis ils seront présentés sous un autre angle, avec une analyse par domaines de compétences.

2.1 Résultats par groupes

2.1.1 Groupe contrôle.

La performance moyenne des sujets du groupe contrôle est de 35.12 % de bonnes réponses au pré-test ($ET = 4.07$) et de 40.86% de réussite au post-test ($ET = 7.53$). Les scores au pré-test et au post-test pour chaque sujet sont indiqués dans le tableau 3, ainsi que les valeurs de Q' et de la significativité statistique de la différence

entre post-test et pré-test. Pour aucun des sujets de ce groupe, la différence entre pré et post-test n'est significative.

Tableau 3 : Pourcentage de réussite et analyse statistique des résultats obtenus par les sujets du groupe contrôle au test des fractions.

Sujets	Pré-test	Post-test	Gains	Valeur du Q'	Valeur du p
MM-1	33,33	48,39	15,06	3,05	.0808
MM-2	39,78	40,86	1,08	0,02	.9013
MM-3	32,26	33,33	1,07	0,02	.8970

2.1.2 Groupe expérimental.

La performance moyenne des sujets du groupe expérimental est de 43.01 % de bonnes réponses au pré-test ($ET = 8.54$) et de 55.19 % de réussite au post-test ($ET = 3.78$). Les scores au pré-test et au post-test pour chaque sujet sont indiqués dans le tableau 4, ainsi que les valeurs de Q' et de la significativité statistique de la différence entre post-test et pré-test. On observe une différence significative entre le pré et le post-test pour l'un des sujets (MF-2).

Tableau 4 : Pourcentage de réussite et analyse statistique des résultats obtenus par les sujets du groupe expérimental au test des fractions.

Sujets	Pré-test	Post-test	Gains	Valeur du Q'	Valeur du p
MF-1	49,46	54,84	5,38	0,37	.5419
MF-2	33,33	51,61	18,28	4,48	.0343*
MF-3	46,24	59,14	12,9	2,16	.1412

2.2 Résultats expérimentaux globaux inter-groupes

Globalement, les résultats montrent que le groupe expérimental obtient un gain moyen de 12.19 % sur le questionnaire suite à l'entraînement tandis que le groupe contrôle n'obtient qu'un gain de 5.74 %.

L'analyse statistique de ces résultats montre une tendance à la présence d'une différence significative de gains entre le groupe contrôle et expérimental, $Q' = 3.42$, $p = .0642$, en faveur d'un meilleur gain pour l'entraînement Math Mathews Fractions. Ces résultats sont représentés dans la figure 1, ci-dessous.

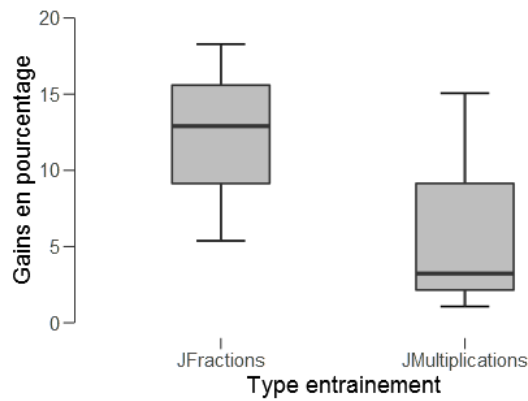


Figure 1 : Représentation des gains selon les groupes.

2.3 Résultats expérimentaux par domaines de compétences

Afin d'obtenir une analyse plus fine des résultats obtenus lors de cette expérimentation, ceux-ci ont été analysés de deux façons différentes : selon les domaines de compétences et selon le type de fractions rencontrées (inférieures ou égales à 1 et supérieures à 1).

La figure 2 montre les résultats de tous les sujets au pré-test des fractions par domaine. De façon arbitraire nous avons défini que les résultats inférieurs à 20% de réussite sont considérés comme faibles, ceux compris entre 20% et 30% de réussite sont fragiles et ceux supérieurs à 30% sont considérés normaux. Ainsi, ce graphique permet de montrer les domaines les plus échoués par les dyscalculiques au test des fractions avant intervention. Les résultats obtenus montrent que les domaines les plus échoués par les dyscalculiques sont : l'addition et la décomposition additive ainsi que l'utilisation des fractions dans la résolution de problèmes. Les deux domaines situés dans la zone fragile sont : l'utilisation des fractions supérieures à 1 et le placement et repérage de fractions sur un axe gradué. Dans les autres domaines, les dyscalculiques présentent de bons résultats.

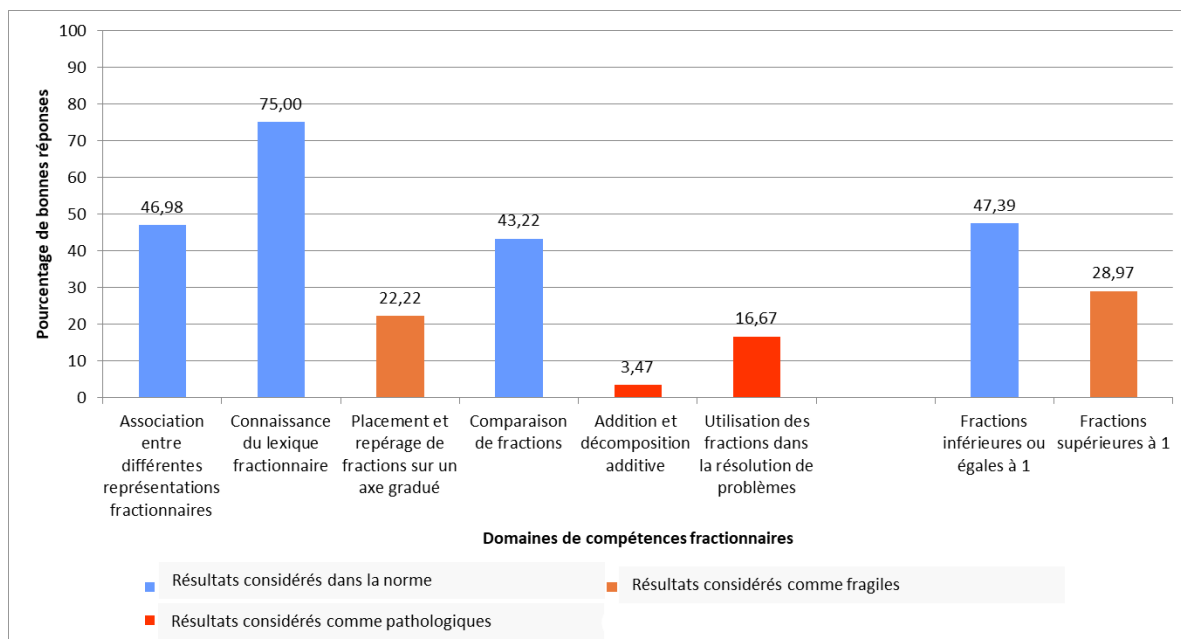


Figure 2 : Pourcentage de réussite obtenu par tous les sujets dyscalculiques en pré-test par domaines

Pour le groupe contrôle, on note une différence significative entre le pré et le post-test pour la comparaison de fractions ($Q' = 5.05$, $p = .0246$), avec un gain de 18,93%. Les autres domaines n'ont pas progressé après l'entraînement proposé.

Pour le groupe expérimental, une différence significative entre les résultats en pré-test et en post-test est à remarquer, avec un gain positif pour les domaines suivants : connaissance du lexique fractionnaire (8.33% de gains, $Q' = 5.27$, $p = .0217$), placement et repérage de fractions sur un axe gradué (50% de gains, $Q' = 42.28$, $p = .0000$) et utilisation de fractions supérieures à 1 (18.25% de gains, $Q' = 4.77$, $p = .0290$). Les autres domaines ne présentent pas de progression après entraînement.

Les résultats obtenus par domaines sont présentés en détail dans le tableau 5, ci-dessous.

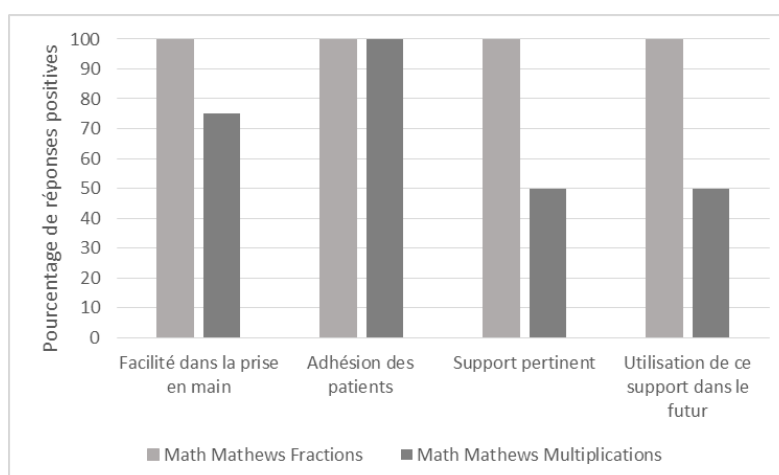
Tableau 5 : Présentation des gains et des résultats statistiques par domaine de compétences et par groupe

Domaines de compétences	Groupe contrôle			Groupe expérimental		
	Gains (%)	Valeur du Q'	Valeur du p	Gains (%)	Valeur du Q'	Valeur du p
Association entre différentes représentations fractionnaires	2,35	0,08	.7821	13,09	2,41	.1203
Connaissance du lexique fractionnaire	8,33	1,02	.3117	8,33	5,27	.0217*
Placement et repérage de fractions sur un axe gradué	-5,56	1,3	.2535	50	42,28	<.0001*
Comparaison de fractions	18,93	5,05	.0246*	15,12	3,23	.0721
Addition et décomposition additive	4,17	2,2	.1383	-6,94	4,2	.0403*
Utilisation des fractions dans la résolution de problèmes	0	0	1.0000	-13,33	3,83	.0504
Fractions < ou = 1	3,27	0,1	.7464	7,19	0,72	.3968
Fractions > 1	8,73	1,29	.2553	18,25	4,77	.0290*

3 Résultats du questionnaire de satisfaction

A la suite de l'envoi du questionnaire par mail après les différents entraînements réalisés, tous les orthophonistes participant à l'étude ont répondu à celui-ci. Les réponses obtenues aux questions sont présentées dans la figure 3 ci-dessous. On observe de façon générale que les enfants ont été motivés par l'utilisation des jeux Math Mathews. Globalement, ce questionnaire montre que 100% des orthophonistes ayant utilisé le jeu Math Mathews Fractions trouvent ce support pertinent dans la remédiation des fractions et utiliseront ce support à l'avenir pour d'autres patients. En revanche, 50% des orthophonistes ayant utilisé le jeu Math Mathews Multiplications ne trouvent pas ce support pertinent dans la remédiation des fractions et ne souhaitent pas l'utiliser dans le futur. Les commentaires relevés dans le questionnaire indiquent que ce jeu serait, selon les orthophonistes, plutôt pertinent pour un entraînement en autonomie.

Figure 3 : Représentation, en pourcentage, des avis recueillis sur les jeux Math Mathews.



IV Discussion

1 Re-contextualisation

La prise en soin des difficultés liées aux fractions est encore complexe et méconnue des orthophonistes. Les supports ne sont pas nombreux et le concept même des fractions échappe à beaucoup d'adultes et d'enfants non dyscalculiques. L'objectif de cette étude est de démontrer qu'un support numérique tel que le jeu vidéo Math Mathews Fractions est un support de rééducation efficace dans la prise en charge des notions fractionnaires chez les enfants dyscalculiques de 10 à 12 ans. Après avoir été évalués au préalable sur leur efficacité intellectuelle et leurs compétences mathématiques, les enfants ont été soumis à un entraînement de 6 semaines sur le jeu vidéo en présence de l'orthophoniste. L'hypothèse retenue pour cette étude est la suivante : l'utilisation du jeu vidéo Math Mathews Fractions lors de séances de rééducation auprès d'un orthophoniste permet de développer les compétences en fractions d'enfants dyscalculiques de 10 à 12 ans et de façon plus importante qu'un jeu sur les multiplications.

2 Résultats de l'étude

2.1 Résultats expérimentaux

Afin d'objectiver une amélioration des compétences en fractions après entraînement sur les jeux vidéo Math Mathews, une comparaison entre les résultats du pré-test et du post-test a été effectuée, ainsi qu'entre les deux groupes : contrôle et expérimental. Les résultats obtenus par les participants semblent montrer une amélioration des performances en fractions deux fois plus importante pour les sujets ayant eu l'entraînement sur le jeu vidéo Math Mathews Fractions comparativement aux sujets ayant eu l'entraînement avec le jeu vidéo Math Mathews Multiplications. Ces résultats semblent aller dans le sens d'une confirmation de notre hypothèse. Ils sont par ailleurs corroborés par l'étude de Ninaus et al. (2017), qui note l'intérêt de l'utilisation d'un support numérique dans l'apprentissage des fractions. Selon ces auteurs, l'utilisation d'un jeu vidéo à visée didactique pour l'amélioration des compétences en fractions est pertinente et devrait améliorer de manière significative les résultats des participants. La présente étude montre un effet encourageant du jeu vidéo Math Mathews Fractions dans la remédiation des fractions chez les enfants dyscalculiques.

De manière plus spécifique, les résultats expérimentaux montrent une augmentation des performances en connaissance du lexique fractionnaire, en placement et repérage des fractions sur un axe gradué et en utilisation des fractions supérieures à 1 pour les sujets ayant joué au jeu sur les fractions.

L'augmentation des performances en connaissance du lexique fractionnaire semble évidente. En effet, les sujets ont été confrontés aux différents termes liés à cette notion tout au long du jeu. Cette augmentation est donc liée à l'exposition régulière au vocabulaire des fractions. Cette amélioration n'est pas observée par ailleurs pour les enfants ayant eu un entraînement sur Math Mathews Multiplications, étant donné qu'ils n'ont pas été confrontés à ce lexique spécifique.

Les résultats suggèrent que les sujets ont amélioré leurs performances en placement et repérage des fractions sur un axe gradué. Cette compétence fait appel à la capacité d'extraire la grandeur d'une fraction et de la comparer à des nombres entiers placés sur un repère. Selon certaines études (Liu, 2018; Siegler & Pyke, 2013), la connaissance de la grandeur des fractions semble particulièrement importante dans la réussite et la compréhension de la notion de fraction mais aussi dans la réussite en mathématiques plus généralement. De façon plus spécifique, selon Siegler et Pyke (2013), la compréhension de la grandeur d'une fraction semble essentielle dans la compréhension des connaissances conceptuelles des fractions. Ainsi, l'augmentation de cette compétence via le jeu Math Mathews Fractions permettrait une amélioration plus globale de la compréhension de la notion de fraction.

Enfin, le domaine qui a montré également une amélioration après entraînement est l'utilisation des fractions supérieures à 1. Ces fractions, dites impropres, représentent une difficulté majeure pour les enfants et les adultes. Selon Stafylidou et Vosniadou (2004), la plupart des enfants et des adultes considèrent que les fractions sont des entités plus petites que 1. Ainsi, il semble alors difficile de traiter ces fractions de façon adaptée. Un entraînement avec le jeu sur les fractions semble donc avoir un impact positif sur la compréhension et l'utilisation des fractions supérieures à 1.

Il est intéressant de remarquer que, dans cette étude, les participants ayant eu l'entraînement avec le jeu Math Mathews Multiplications ont eu une augmentation d'environ 6% de leurs performances globales en fractions et une nette amélioration

de leurs compétences en comparaison de fractions. Cette évolution est intéressante à noter car elle vient appuyer les résultats de plusieurs études. Selon DeWolf, Son, Bassok et Holyoak (2017), une fraction a/b peut être vue comme une opération de division entre a et b , et donc comme une relation multiplicative entre a et b . Ainsi, pour Hansen et al. (2015), Namkung, Fuchs et Koziol (2018), et Ye et al. (2016), les multiplications sont un prédicteur important de la réussite en fractions, que celles-ci semblent soutenir l'apprentissage des fractions. Les études de Namkung et al. (2018) et de Ye et al. (2016) mettent en avant l'importance de développer le raisonnement multiplicatif dans l'apprentissage des fractions. L'amélioration des performances, notamment en comparaison de fractions pour les sujets ayant été entraînés avec le jeu Math Mathews Multiplications serait ainsi expliquée par la relation multiplicative entre le numérateur et le dénominateur et par l'importance des multiplications dans les compétences fractionnaires selon de nombreuses études.

Les enfants dyscalculiques ayant participé à cette étude, ont obtenu au pré-test des fractions, des résultats faibles dans les différents domaines suivants : placement et repérage de fractions sur un axe gradué, addition et décomposition additive, utilisation des fractions dans la résolution de problèmes et utilisation des fractions supérieures à 1. Si l'on s'intéresse aux compétences des enfants tout-venants dans ces différents domaines, on s'aperçoit que ce sont également des domaines souvent échoués par les apprenants (Gabriel et al., 2013). Les enfants dyscalculiques présenteraient donc des difficultés sur les mêmes domaines que les enfants tout-venants.

2.2 Résultats préalables

Afin d'entrer dans l'étude, les enfants ont été évalués grâce à la NEMI-2, dans le but d'affirmer l'absence de difficultés intellectuelles et de soutenir le diagnostic de dyscalculie. Selon le DSM-5 (American Psychiatric Association et al., 2015), le diagnostic de dyscalculie, autrement dit de trouble spécifique des apprentissages en mathématiques, se pose grâce à un ensemble de critères définis. La présence d'une efficacité intellectuelle dans la norme fait partie des critères à respecter. L'orthophoniste doit alors rechercher lors de son bilan un faisceau d'indices menant à une conclusion ou une hypothèse diagnostique et ceci en effectuant une démarche hypothético-déductive (Schelstraete & Maillart, 2012). Au terme de ce bilan, ce professionnel peut alors demander des bilans complémentaires, si les éléments en

sa possession ne lui permettent pas d'affirmer ou d'infirmer la présence d'un trouble quel qu'il soit. Ainsi, selon Schelstraete et Maillart (2012) le travail de diagnostic est un travail pluridisciplinaire, qui nécessite de la part des orthophonistes de s'assurer de la présence d'une efficacité intellectuelle normale et donc de faire appel aux neuropsychologues afin d'avoir une démarche diagnostique solide et validée. Les enfants reçus pour cette expérimentation présentent, selon le diagnostic orthophonique qui a leur a été donné, un trouble spécifique des apprentissages en mathématiques. Pourtant à l'issue de ce test préalable, une partie de ces enfants a été exclue car les résultats obtenus à la NEMI-2 ne permettaient pas d'exclure la présence de difficultés cognitives. Ces résultats questionnent alors sur la démarche diagnostique et la recherche des critères diagnostiques des troubles des apprentissages définis par le DSM-5 (American Psychiatric Association et al., 2015). Néanmoins, ces résultats sont à nuancer. Parmi les enfants exclus, certains présentaient un trouble spécifique du langage oral et/ou écrit et les épreuves de la NEMI-2 proposées sont essentiellement des épreuves faisant intervenir le langage oral. Certains enfants peuvent donc présenter selon la NEMI-2 des difficultés intellectuelles et pour autant avoir une efficacité intellectuelle dans la norme, leurs difficultés étant liées exclusivement à des difficultés en langage oral et notamment en vocabulaire passif et/ou actif.

3 Limitations de l'étude

Il semble pertinent de porter un regard critique sur certains points de cette étude.

Premièrement, il paraît important de noter les critères de recrutement de la population étudiée. En effet, pour participer à cette étude, les enfants devaient être âgés de 10 à 12 ans. Cette tranche d'âge correspond à la période scolaire où l'apprentissage des fractions est en développement et en consolidation, selon le Programme scolaire du cycle 3, paru au Bulletin Officiel n°30 (Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2018). Ainsi, les enfants ont pu bénéficier, en parallèle de leurs séances de rééducation avec le jeu Math Mathews Fractions, d'un enseignement voire un accompagnement scolaire sur cette notion. Les résultats obtenus à cette étude sont ainsi à mettre en regard avec l'enseignement et surtout les méthodes d'enseignement proposées dont les sujets ont pu bénéficier pendant l'entraînement.

Deuxièmement, cette étude a été menée dans un temps relativement court, ne permettant pas des entraînements longs. En effet, sur le terrain, l'expérimentation a été parfois mise à mal par la réalité clinique (vacances scolaires, absences, etc.). Plusieurs orthophonistes et leurs patients ont mis plus de temps que prévu pour s'adapter au support numérique et à sa prise en main. Ainsi, l'entraînement a été de 6 semaines par sujet à raison d'une séance par semaine, néanmoins, ce temps semble assez court pour une rééducation efficace et pérenne dans le temps. Selon l'article de Fuchs et al. (2008), une rééducation efficace dans la prise en soin des enfants dyscalculiques est une rééducation intensive, soit plusieurs fois par semaine.

Troisièmement, cette étude se compose de peu de sujets. Les résultats obtenus aux tests mathématiques du Woodcock-Johnson indiquent de meilleures performances en fluence arithmétique et en problèmes pour le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle. Cette absence d'appariement entre les deux groupes pourrait être évitée en recrutant un plus grand nombre de sujets, afin d'homogénéiser les groupes en termes de performances mathématiques. L'échantillon de cette expérimentation n'a pas permis l'utilisation de test statistique paramétrique et ainsi la généralisation de ces résultats aux enfants dyscalculiques en général. Au regard de plusieurs facteurs, le recrutement d'enfants dyscalculiques a été compliqué à réaliser. Tout d'abord, les fractions sont une notion souvent peu abordée en rééducation par les orthophonistes. Lors du recrutement des sujets, de nombreux orthophonistes ont fait part de leur interrogation quant à la pertinence du travail de ce sujet aux vues des difficultés de leurs patients sur des notions considérées comme plus abordables telles que les problèmes ou les multiplications par exemple. De plus, l'âge de recrutement strict de cette expérimentation a fortement limité le nombre de sujets disponibles.

4 Perspectives

4.1 Perspectives de recherche

Afin de pallier les limites de notre étude, il pourrait être intéressant de proposer cet entraînement à raison de plusieurs séances par semaine et à des enfants plus âgés. En effet, une rééducation intensive pourrait montrer des résultats encore plus satisfaisants et plus pérennes sur le long terme. Selon Stafylidou et Vosniadou (2004), le biais du nombre entier est persistant chez les enfants dyscalculiques. Ainsi, les erreurs liées à ce biais semblent présentes plus longtemps

que chez les enfants tout-venants. Un entraînement plus intensif pourrait permettre de diminuer l'impact de ce biais de façon plus efficace. De plus, selon les critères du DSM-5, les enfants dyscalculiques présentent un retard d'environ 2 ans dans les apprentissages scolaires en mathématiques. Cette étude ayant été menée durant l'apprentissage des fractions, il pourrait être intéressant de prendre en compte ce décalage observé chez les enfants dyscalculiques et ainsi de proposer cet entraînement à des enfants plus âgés. Cela permettrait que certaines compétences essentielles dans les fractions puissent être plus développées et plus solides. Enfin, il serait pertinent d'évaluer l'effet à long terme du jeu Math Mathews Fractions sur les performances en fractions, afin d'objectiver l'impact réel que peut représenter l'utilisation de celui-ci.

Selon Stafylidou et Vosniadou (2004), les dyscalculiques présenteraient un retard plutôt qu'un véritable déficit en fractions. L'étude menée ici ne compare pas les résultats obtenus par les enfants dyscalculiques à une population d'enfants sans dyscalculie. Il semblerait pertinent d'apprécier le type d'erreurs faites par les enfants dyscalculiques au regard de celles faites par les enfants tout-venants. Si leurs erreurs sont identiques à celles d'enfants non dyscalculiques plus jeunes, cela signifierait plutôt la présence d'un retard. En revanche, si les erreurs sont déviantes de celles faites par des enfants plus jeunes ou tout-venants, on parlerait plutôt d'un déficit en fractions. Cette distinction entre retard et déviance est souvent nécessaire dans la prise en soin des patients et permet d'adapter au mieux la rééducation.

Enfin, il semble indispensable d'approfondir les recherches sur la notion de fraction et sur sa remédiation chez les enfants dyscalculiques. Peu d'études ont exploré la remédiation des fractions chez les dyscalculiques, or cette notion est un prédicteur important de réussite scolaire et semble primordiale dans la réussite professionnelle et l'accès à différents corps de métiers. Les dyscalculiques, de par leur profil d'apprentissage particulier des mathématiques, présentent des difficultés pour traiter les notions mathématiques et ainsi pour traiter les fractions. Les orthophonistes ont à ce jour, peu de ressources pour travailler cette notion complexe et peu de connaissances sur l'importance des fractions.

4.2 Implications cliniques et théoriques

Cette étude montre l'intérêt de l'utilisation du jeu Math Mathews Fractions comme support de remédiation dans la prise en soin orthophonique des

compétences fractionnaires chez les enfants dyscalculiques nécessitant une intervention particulière dans la compréhension et l'utilisation des fractions. Il invite donc les orthophonistes à utiliser ce support numérique dans leurs prises en soin.

Le résultat du questionnaire montre l'intérêt porté par les orthophonistes pour le jeu Math Mathews Fractions. En effet, sa prise en main semble relativement simple et les enfants adhèrent rapidement et facilement à ce jeu. Les orthophonistes l'ayant utilisé affirment trouver ce support pertinent dans la remédiation des fractions et se projettent dans une utilisation future de ce support en séance de rééducation. Selon certains orthophonistes, en revanche, le jeu Math Mathews Multiplications ne semble pas un support pertinent à utiliser en rééducation mais plutôt un outil à conseiller aux familles pour travailler en autonomie l'automatisation des faits arithmétiques multiplicatifs. Ces réponses vont dans le sens d'une vraie pertinence du support Math Mathews Fractions pour travailler les compétences fractionnaires en rééducation orthophonique.

Conclusion

Les fractions correspondent à une notion mathématique difficile à comprendre et à intégrer pour beaucoup d'apprenants mais aussi pour beaucoup d'adultes. Les enfants dyscalculiques sont plus à même de présenter de vraies difficultés dans l'acquisition de ce concept. Ce mémoire a eu pour but d'évaluer l'efficacité de l'utilisation du jeu vidéo Math Mathews Fractions dans la remédiation orthophonique des fractions chez les enfants dyscalculiques. Les résultats récoltés tendent à montrer l'impact positif de ce jeu sur les compétences fractionnaires et notamment sur la connaissance du lexique fractionnaire, sur le placement et le repérage de fractions sur une ligne numérique et sur l'utilisation des fractions supérieures à 1. Cette dernière semble intéressante car elle renvoie au concept de grandeur de fractions, notion particulièrement importante dans la compréhension et l'utilisation des fractions en général. Ce mémoire invite donc les orthophonistes à utiliser le jeu Math Mathews Fractions comme support de rééducation des fractions chez les enfants dyscalculiques. Afin d'aller plus loin dans cette expérimentation, il semble pertinent de proposer cet entraînement de façon intensive et d'évaluer son impact à long terme.

Références

- American Psychiatric Association, Crocq, M.-A., Guelfi, J.-D., Boyer, P., Pull, C.-B., & Pull-Erpelding, M.-C. (Éd.). (2015). *DSM-5®: manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5e édition). Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.
- Bailey, D. H., Siegler, R. S., & Geary, D. C. (2014). Early predictors of middle school fraction knowledge. *Developmental Science*, *17*(5), 775-785. <https://doi.org/10.1111/desc.12155>
- Berch, D. B. (2017). Why Learning Common Fractions Is Uncommonly Difficult: Unique Challenges Faced by Students With Mathematical Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *50*(6), 651-654. <https://doi.org/10.1177/0022219416659446>
- Bonato, M., Fabbri, S., Umiltà, C., & Zorzi, M. (2007). The mental representation of numerical fractions: Real or integer? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *33*(6), 1410-1419. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.6.1410>
- Braithwaite, D. W., Pyke, A. A., & Siegler, R. S. (2017). A computational model of fraction arithmetic. *Psychological Review*, *124*(5), 603-625. <https://doi.org/10.1037/rev0000072>
- Braithwaite, D. W., Tian, J., & Siegler, R. S. (2018). Do children understand fraction addition? *Developmental Science*, *21*(4), e12601. <https://doi.org/10.1111/desc.12601>
- Cardoso-Leite, P., & Bavelier, D. (2014). Video game play, attention, and learning: how to shape the development of attention and influence learning? *Current Opinion in Neurology*, *27*(2), 185-191. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000077>
- Cognet, G. (2006). *Nemi 2*. ECPA : Montreuil.
- de Freitas, S. (2006). *Learning in immersive worlds: a review of game-based learning*. Consulté à l'adresse http://www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/elearninginnovation/gamingreport_v3.pdf
- DeWolf, M., Son, J. Y., Bassok, M., & Holyoak, K. J. (2017). Relational Priming Based on a Multiplicative Schema for Whole Numbers and Fractions. *Cognitive Science*, *41*(8), 2053-2088. <https://doi.org/10.1111/cogs.12468>

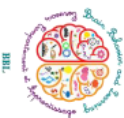
- France. Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. (s. d.). *Annexe n°1: Certificat de capacité d'orthophoniste - Référentiel d'activités*. Consulté à l'adresse http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/32/38/5/referentiel-activites-orthophoniste_267385.pdf
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Cirino, P. T., & Fletcher, J. M. (2008). Intensive Intervention for Students with Mathematics Disabilities: Seven Principles of Effective Practice. *Learning Disability Quarterly*, 31(2), 79-92. <https://doi.org/10.2307/20528819>
- Gabriel, F., Coché, F., Szucs, D., Carette, V., Rey, B., & Content, A. (2013). A componential view of children's difficulties in learning fractions. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00715>
- Geary, D. C. (2006). Development of mathematical understanding. *Handbook of child psychology*.
- Griffiths, M. (2002). *Benefits of Videogames*. 20, 5.
- Hallett, D., Nunes, T., Bryant, P., & Thorpe, C. M. (2012). Individual differences in conceptual and procedural fraction understanding: The role of abilities and school experience. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113(4), 469-486. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.07.009>
- Hansen, N., Jordan, N. C., Fernandez, E., Siegler, R. S., Fuchs, L., Gersten, R., & Micklos, D. (2015). General and math-specific predictors of sixth-graders' knowledge of fractions. *Cognitive Development*, 35, 34-49. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2015.02.001>
- Hansen, N., Jordan, N. C., & Rodrigues, J. (2017). Identifying learning difficulties with fractions: A longitudinal study of student growth from third through sixth grade. *Contemporary Educational Psychology*, 50, 45-59. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.11.002>
- Hecht, S. A., & Vagi, K. J. (2010). Sources of group and individual differences in emerging fraction skills. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 843-859. <https://doi.org/10.1037/a0019824>
- Jordan, N. C., Hansen, N., Fuchs, L. S., Siegler, R. S., Gersten, R., & Micklos, D. (2013). Developmental predictors of fraction concepts and procedures. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(1), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.02.001>

- Liu, Y. (2018). Fraction magnitude understanding and its unique role in predicting general mathematics achievement at two early stages of fraction instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 88(3), 345-362. <https://doi.org/10.1111/bjep.12182>
- Lortie-Forgues, H., Tian, J., & Siegler, R. S. (2015). Why is learning fraction and decimal arithmetic so difficult? *Developmental Review*, 38, 201-221. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.07.008>
- Mazzocco, M. M. M., & Devlin, K. T. (2008). Parts and 'holes': gaps in rational number sense among children with vs. without mathematical learning disabilities. *Developmental Science*, 11(5), 681-691. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00717.x>
- Mazzocco, M. M. M., Myers, G. F., Lewis, K. E., Hanich, L. B., & Murphy, M. M. (2013). Limited knowledge of fraction representations differentiates middle school students with mathematics learning disability (dyscalculia) versus low mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(2), 371-387. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.01.005>
- McMullen, J., Laakkonen, E., Hannula-Sormunen, M., & Lehtinen, E. (2015). Modeling the developmental trajectories of rational number concept(s). *Learning and Instruction*, 37, 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.12.004>
- Ménissier, A. (2017). *A propos de cognition mathématique*.
- Michael, G. A. (2007). A significance test of interaction in $2 \times K$ designs with proportions. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 3, 1-7.
- Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Programmes d'enseignement. Cycle de consolidation (cycle 3). , BO n°30 § Bulletin officiel de l'Éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. (2018).
- Misquitta, R. (2011). A Review of the Literature: Fraction Instruction for Struggling Learners in Mathematics: learning disabilities practice. *Learning Disabilities Research & Practice*, 26(2), 109-119. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2011.00330.x>
- Namkung, J. M., Fuchs, L. S., & Koziol, N. (2018). Does initial learning about the meaning of fractions present similar challenges for students with and without

- adequate whole-number skill? *Learning and Individual Differences*, 61, 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.11.018>
- Ni, Y., & Zhou, Y.-D. (2005). Teaching and Learning Fraction and Rational Numbers: The Origins and Implications of Whole Number Bias. *Educational Psychologist*, 40(1), 27-52. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_3
- Ninaus, M., Kiili, K., McMullen, J., & Moeller, K. (2017). Assessing fraction knowledge by a digital game. *Computers in Human Behavior*, 70, 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.004>
- Schelstraete, M.-A., & Maillart, C. (2012). Les défis d'une formation universitaire clinique en logopédie. In *Pratiquer L'orthophonie* (p. 37-51). <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-72053-6.00004-7>
- Schwartz, F., Epinat-Duclos, J., Léone, J., Poisson, A., & Prado, J. (2018). Impaired neural processing of transitive relations in children with math learning difficulty. *NeuroImage: Clinical*, 20, 1255-1265. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.10.020>
- Sella, F., Tressoldi, P., Lucangeli, D., & Zorzi, M. (2016). Training numerical skills with the adaptive videogame "The Number Race": A randomized controlled trial on preschoolers. *Trends in Neuroscience and Education*, 5(1), 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2016.02.002>
- Siegler, R. S., Fazio, L. K., Bailey, D. H., & Zhou, X. (2013). Fractions: the new frontier for theories of numerical development. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(1), 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.11.004>
- Siegler, R. S., & Lortie-Forgues, H. (2014). An Integrative Theory of Numerical Development. *Child Development Perspectives*, 8(3), 144-150. <https://doi.org/10.1111/cdep.12077>
- Siegler, R. S., & Pyke, A. A. (2013). Developmental and individual differences in understanding of fractions. *Developmental Psychology*, 49(10), 1994-2004. <https://doi.org/10.1037/a0031200>
- Siegler, R. S., Thompson, C. A., & Schneider, M. (2011). An integrated theory of whole number and fractions development. *Cognitive Psychology*, 62(4), 273-296. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2011.03.001>

- Stafylidou, S., & Vosniadou, S. (2004). The development of students' understanding of the numerical value of fractions. *Learning and Instruction*, 14(5), 503-518. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.06.015>
- Szűcs, D., & Goswami, U. (2013). Developmental dyscalculia: Fresh perspectives. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.06.004>
- Tian, J., & Siegler, R. S. (2017). Fractions Learning in Children With Mathematics Difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 50(6), 614-620. <https://doi.org/10.1177/0022219416662032>
- Torbeyns, J., Schneider, M., Xin, Z., & Siegler, R. S. (2015). Bridging the gap: Fraction understanding is central to mathematics achievement in students from three different continents. *Learning and Instruction*, 37, 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.03.002>
- Tuna, A., Biber, A. C., & Aliustaoğlu, F. (2018). The Misconceptions of Sixth Grade Secondary School Students on Fractions. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(5), 591-599. <https://doi.org/10.26822/iejee.2018541308>
- Vamvakoussi, X. (2015). The development of rational number knowledge: Old topic, new insights. *Learning and Instruction*, 37, 50-55. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.01.002>
- Van Dooren, W., Lehtinen, E., & Verschaffel, L. (2015). Unraveling the gap between natural and rational numbers. *Learning and Instruction*, 37, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.01.001>
- Van Hoof, J., Vandewalle, J., Verschaffel, L., & Van Dooren, W. (2015). In search for the natural number bias in secondary school students' interpretation of the effect of arithmetical operations. *Learning and Instruction*, 37, 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.03.004>
- Van Hoof, J., Verschaffel, L., Ghesquière, P., & Van Dooren, W. (2017). The natural number bias and its role in rational number understanding in children with dyscalculia. Delay or deficit? *Research in Developmental Disabilities*, 71, 181-190. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.10.006>
- Woodcock, R., McGrew, K. S., & Mather, N. (2001). *Woodcock-Johnson-III Tests of Achievement*.

Ye, A., Resnick, I., Hansen, N., Rodrigues, J., Rinne, L., & Jordan, N. C. (2016). Pathways to fraction learning: Numerical abilities mediate the relation between early cognitive competencies and later fraction knowledge. *Journal of Experimental Child Psychology*, 152, 242-263. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.08.001>



Recherche de volontaires pour une étude sur la Dyscalculie

Annexes Annexe A

Qui sommes-nous ?

Etudiante en M2 orthophonie dans l'Equipe Cerveau, Comportement et Apprentissage de l'Institut des Sciences Cognitives Marc Jeannerod
UMR 5304 – CNRS et Université de Lyon

Où ?

Cabinet d'orthophonie où votre enfant est pris en soin

Qui ?

- Groupe témoin :**
- De 10 à 12 ans, avec **difficultés en mathématiques** (dyscalculie ou trouble logico-mathématique avéré), sans autre déficience, ni trouble psychiatrique, de langue maternelle française, avec une vision normale ou corrigée.
 - Entraînement : Jeu vidéo didactique sur les multiplications.
- Groupe expérimental :**
- De 10 à 12 ans, avec **difficultés en mathématiques** (dyscalculie ou trouble logico-mathématique avéré), ni trouble psychiatrique, de langue maternelle française, avec une vision normale ou corrigée.
 - Entraînement : Jeu vidéo didactique sur les fractions.

Pourquoi ?

Nous travaillons sur l'identification des processus cognitifs qui sous-tendent des fonctions essentielles à l'apprentissage et au développement humain, comme le raisonnement et la cognition numérique. Nous souhaiterions évaluer les capacités en mathématiques d'enfants dyscalculiques afin de mieux comprendre ce trouble d'apprentissage et de développer des nouveaux outils de remédiation.

Contact :

Melanie BARILARO
melanie.barilaro@etu.univ-lyon1.fr
06 58 62 95 54

Marie-Line GARDES
Jérôme PRADO
Jessica LEONE

Annexe B



**Centre National de la Recherche Scientifique
Université de Lyon
UMR 5304
67 Bd Pinel 69675 Bron Cedex**

Nous nous permettons de vous contacter dans le cadre d'un mémoire de recherche réalisé par une étudiante en orthophonie au sein de l'Institut des Sciences Cognitives Marc Jeannerod (UMR 5304).

Les travaux menés par l'équipe Cerveau, Comportement et Apprentissage (www.bbl-lab.com) concernent la manière dont les enfants apprennent les mathématiques. Nous nous adressons à vous car nous aimerions que votre enfant participe à cette nouvelle étude visant à évaluer les capacités en mathématiques d'enfants dyscalculiques ou atteints de trouble logico-mathématique. Cela nous permettra de mieux comprendre ce trouble d'apprentissage et de développer des nouveaux outils de remédiation.

Ainsi, l'étude s'organisera en 3 temps :

- Deux séances de 45 minutes permettant le pré-test. Au cours de ce dernier, nous proposerons à l'enfant d'effectuer différents tests de raisonnement, de lecture et de mathématiques;
- Cinq séances d'entraînement de 20 minutes avec leur orthophoniste, à l'aide d'un jeu vidéo didactique, à visée de remédiation. Ce jeu a été conçu par notre laboratoire et une start-up lyonnaise spécialisée dans les jeux éducatifs.
- Une séance de post test de 45 minutes permettant d'objectiver les effets de l'entraînement.

Les informations recueillies sont strictement anonymes et confidentielles, à usage exclusif des chercheurs concernés par ce projet et ne seront en aucun cas prises en compte dans l'évaluation clinique de votre enfant.

L'identité de l'enfant n'apparaîtra dans aucun rapport ou publication et toute information le concernant sera traitée de façon confidentielle. Votre enfant ne sera pas mis en situation de compétition ou de test, il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse à nos tests. Ces tests n'ont aucune visée diagnostique. Enfin, bien qu'aucun retour individuel ne pourra être fait, les résultats globaux de l'étude pourront vous être communiqués sur votre demande.

Nous vous serions très reconnaissants d'autoriser votre enfant à participer à ce projet.

N'hésitez pas à nous contacter par courrier électronique pour tout renseignement supplémentaire, nous serions très heureux de répondre à toutes vos questions.

Vous remerciant par avance, nous vous prions d'agréer l'expression de nos salutations les meilleures.

Mélanie BARILARO (étudiante en M2 orthophonie)
melanie.barilaro@etu.univ-lyon1.fr

Marie-Line GARDES et Jérôme PRADO (Chercheurs à l'Université de Lyon et au CNRS)
mairie-line.gardes@univ-lyon1.fr ; jprado@isc.cnrs.fr

Annexe C

Notice d'information pour les participants

Mon nom est et je collabore avec le Dr Prado et le Dr Gardes.

Nous voulons te parler d'une étude scientifique que nous voulons faire. Une étude sert habituellement à comprendre comment les choses fonctionnent. Dans cette étude, nous voulons en savoir plus sur la façon dont les enfants peuvent calculer. Pour ça, nous voulons te proposer de jouer à un jeu vidéo.



Tu es invité(e) à participer à cette étude parce que tu as entre 10 et 12 ans. Comme dans n'importe quelle étude, seules les personnes qui veulent participer sont autorisées à le faire. Tu n'es absolument pas obligé(e) d'être dans cette étude si tu ne veux pas la faire.

Si tu es d'accord pour participer à cette étude, il te sera demandé(e) de réaliser trois étapes au sein du cabinet d'orthophonie où tu as l'habitude de faire tes séances :

- Deux séances de 45 minutes permettant une première rencontre. Au cours de ces rendez-vous, nous te proposerons d'effectuer différents petits jeux.
- Cinq séances d'entraînement de 20 minutes avec ton orthophoniste, à l'aide d'un jeu vidéo. Ce jeu a été conçu par notre laboratoire et une entreprise lyonnaise spécialisée dans les jeux éducatifs.
- Une séance de post test de 45 minutes permettant de voir les effets de l'entraînement.

Cette étude nous permettra d'apprendre des choses sur la façon dont le cerveau calcule et ceci pourra aider d'autres enfants avec des difficultés pour apprendre dans le futur.

Tu n'es pas obligé(e) d'être dans cette étude. C'est vraiment ta décision. Tu peux dire non maintenant ou tu peux même changer d'avis plus tard. Tout ce que tu as à faire est le dire, à nous ou à tes parents. Personne ne sera en colère contre toi si tu changes d'avis. Si tu as des questions, n'hésites pas à les poser, maintenant ou plus tard.

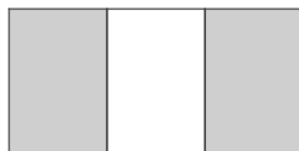
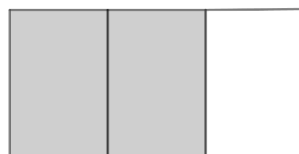
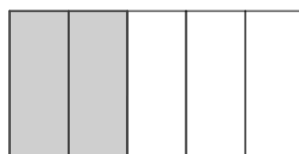
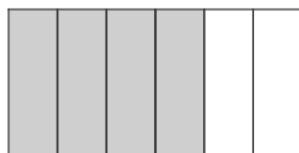
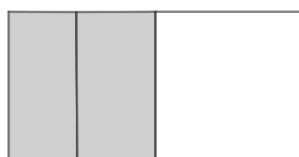
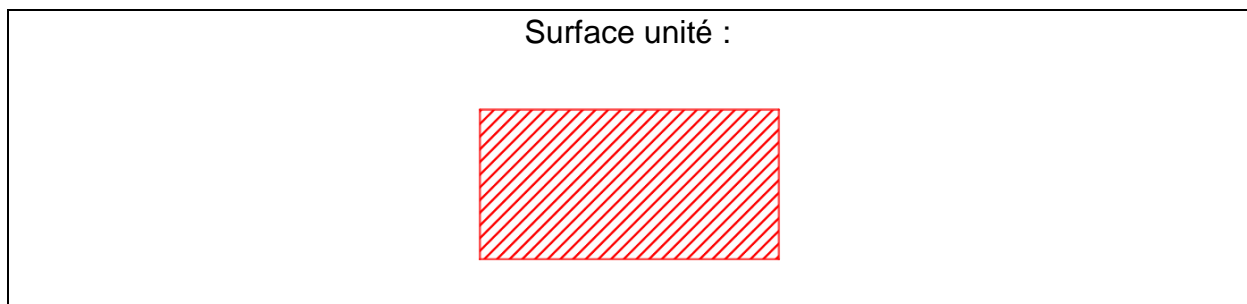
TEST A

Code :

Classe :

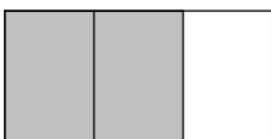
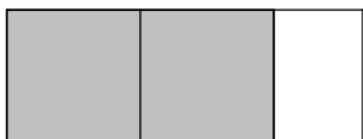
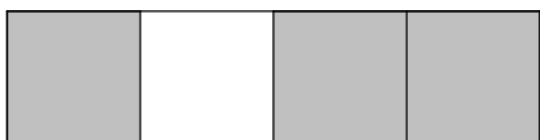
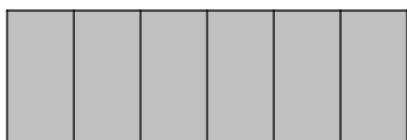
Date :

Q1. Entoure les rectangles où on a colorié en gris $\frac{2}{3}$ du rectangle hachuré.

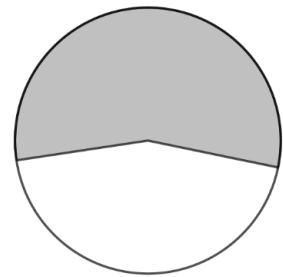
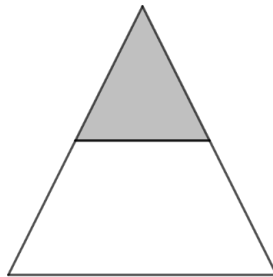
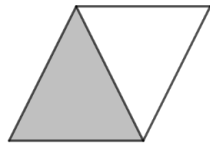
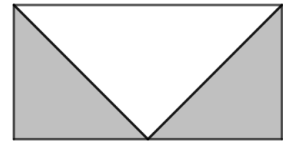
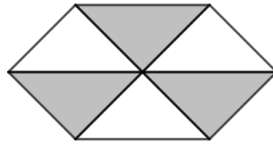


Q2. Entoure les rectangles où on a colorié en gris $\frac{3}{2}$ du rectangle hachuré.

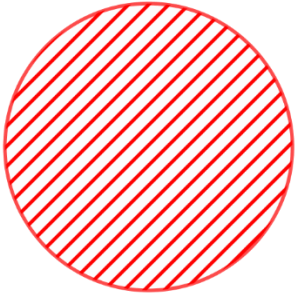
Surface unité :




Q3. Entoure les figures où la partie grisée représente $\frac{1}{2}$ de la surface totale.




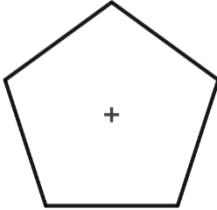
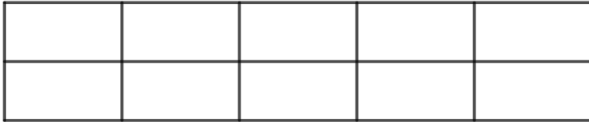
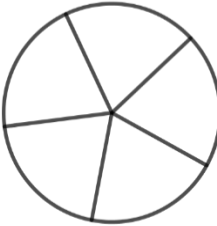
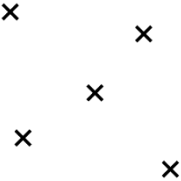
Q4a. Construis et colorie $\frac{1}{2}$ de cette surface.

Surface unité	Réponse
	


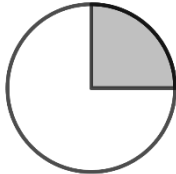

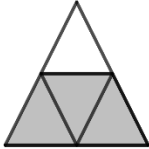



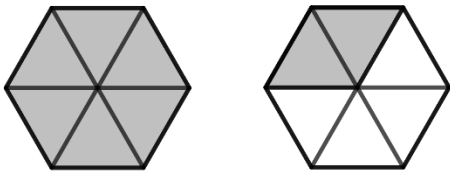

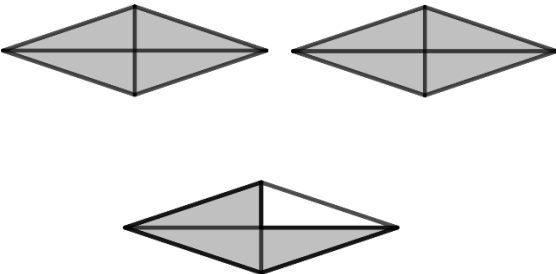
Q4b. Construis et colorie $\frac{5}{4}$ de cette surface.

Surface unité	Réponse
	

5. Colorie $\frac{2}{5}$ de chaque figure.

Q6. Indique la surface qui a été coloriée en gris.

Surface unité	Surface coloriée	Réponse
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>

Q7. Ecris les fractions en utilisant les chiffres.

• trois demis : $\frac{\dots}{\dots}$

• sept quarts : $\frac{\dots}{\dots}$

• huit sixièmes : $\frac{\dots}{\dots}$

• deux tiers : $\frac{\dots}{\dots}$

Q8. Ecris ces fractions avec des mots.

● $\frac{5}{4}$

:

.....

● $\frac{3}{2}$

:

.....

● $\frac{7}{3}$

:

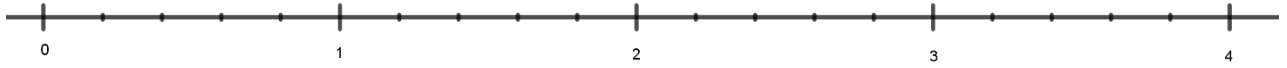
.....

● $\frac{8}{10}$

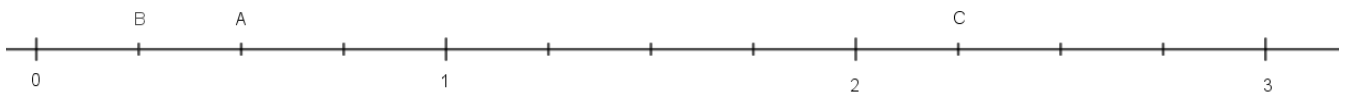
:

.....

Q9. Place ces trois fractions sur la droite graduée : $\frac{8}{5}$; $\frac{6}{10}$; $\frac{16}{5}$.



Q10. Trouve une fraction qui correspond aux points repère A, B et C.



Fraction qui correspond au point A :

Fraction qui correspond au point B :

Fraction qui correspond au point C :

Q11. Entoure en vert les fractions plus petites que 1, en bleu les fractions égales à 1 et en rouge les fractions plus grande que 1.

$$\frac{1}{2}$$

$$\frac{5}{5}$$

$$\frac{6}{4}$$

$$\frac{15}{10}$$

$$\frac{8}{24}$$

$$\frac{7}{7}$$

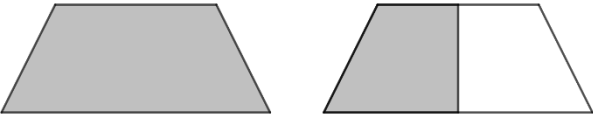
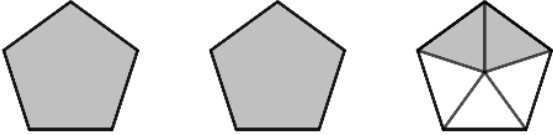
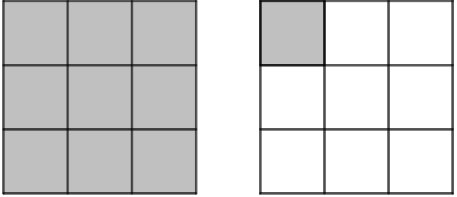
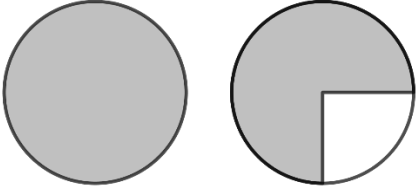
$$\frac{2}{3}$$

$$\frac{9}{6}$$

Q12. Coche la bonne case.

	VRAI	FAUX
$\frac{3}{4} = \frac{4}{5}$		
$\frac{3}{5} = \frac{35}{10}$		
$\frac{2}{1} = 1$		
$\frac{3}{2} = \frac{6}{4}$		
$\frac{4}{4} = 1$		
$\frac{5}{3} = \frac{3}{5}$		
$\frac{2}{3} = \frac{12}{13}$		

Q13. Exprime chaque surface coloriée sous la forme d'une somme d'un nombre entier et d'une fraction plus petite que 1.

	$\dots + \frac{\dots}{\dots}$
	$\dots + \frac{\dots}{\dots}$
	$\dots + \frac{\dots}{\dots}$
	$\dots + \frac{\dots}{\dots}$

Q14. Décompose chaque fraction sous la forme d'une somme d'un nombre entier et d'une fraction plus petite que 1.

$$\frac{7}{5} = \dots + \frac{\dots}{\dots}$$

$$\frac{10}{3} = \dots + \frac{\dots}{\dots}$$

$$\frac{11}{9} = \dots + \frac{\dots}{\dots}$$

Q15. Ecris chaque somme sous la forme d'une seule fraction.

$$4 + \frac{1}{2} = \frac{\dots}{\dots}$$

$$1 + \frac{7}{2} = \frac{\dots}{\dots}$$

$$5 + \frac{5}{4} = \frac{\dots}{\dots}$$

Q16. Entoure la fraction qui est la plus grande et **explique** pourquoi.

- $\frac{5}{8}$ ou $\frac{3}{8}$?

.....
.....
.....

- $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$?

.....
.....
.....

- $\frac{2}{7}$ ou $\frac{5}{3}$?

.....
.....
.....

- $\frac{5}{6}$ ou $\frac{5}{9}$?

.....
.....
.....

Q17. Ranger les fractions dans l'ordre croissant (du plus petit au plus

grand) : $\frac{2}{3}$; $\frac{11}{3}$; $\frac{7}{3}$; $\frac{4}{3}$.

.....
.....

Q18. Ranger les fractions dans l'ordre croissant (du plus petit au plus

grand) : $\frac{2}{3}$; $\frac{3}{2}$; $\frac{13}{6}$; $\frac{2}{1}$; $\frac{7}{6}$.

.....
.....

Q19. Calcule les additions suivantes :

$$\frac{3}{4} + \frac{5}{4} =$$

$$\frac{3}{6} + \frac{7}{6} + \frac{1}{6} =$$

$$\frac{3}{4} + \frac{5}{8} =$$

$$\frac{2}{3} + \frac{1}{6} =$$

Q20. Calcule les additions suivantes :

$$\frac{3}{10} + \frac{4}{10} =$$

$$\frac{3}{4} + \frac{5}{8} =$$

$$1 + \frac{2}{7} =$$

$$\frac{5}{2} + \frac{1}{6} =$$

$$\frac{2}{5} + \frac{11}{5} =$$

$$2 + \frac{2}{3} =$$

Q21. Problème : Assia a lu 24 pages d'un livre d'aventures. Tom en a lu le **tiers**. Combien de pages Tom a-t-il lues ?

Q22. Problème : Le facteur a déjà distribué 45 lettres. C'est le **quart** des lettres qu'il doit distribuer. Combien de lettres doit-il distribuer ?

Q23. Problème : Un wagon comporte 60 places. 20 places sont déjà occupées par des passagers. Quelle fraction du total des places les places occupées représentent-elles ?

Q24. Problème : Aline, Bob et Céline se partagent une plaque de chocolat. Aline prend $\frac{1}{4}$ de la tablette, Bob en prend les $\frac{3}{8}$ et Céline prend ce qui reste. Quelle fraction de la plaque de chocolat Céline a-t-elle prise ? Qui a eu le moins de chocolat ?

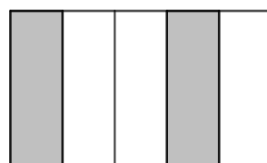
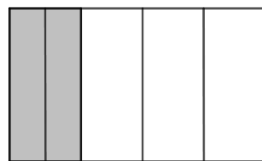
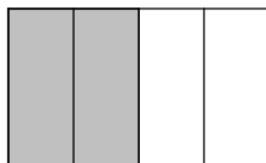
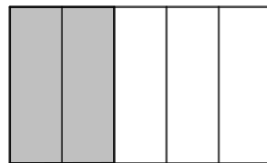
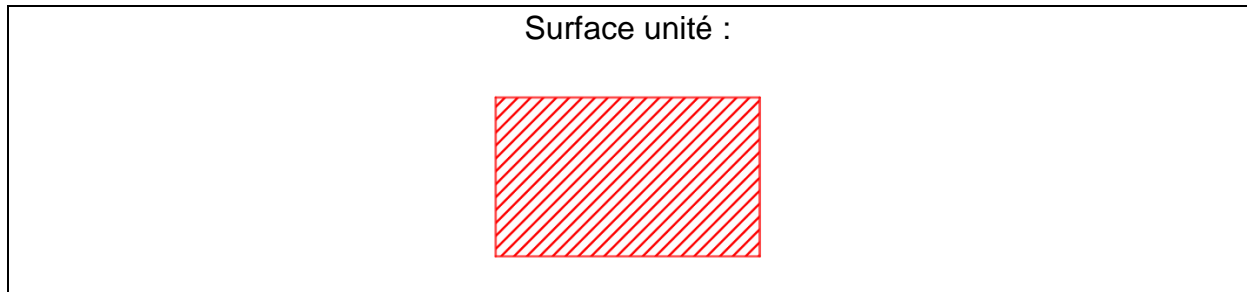
TEST B

Code :

Classe :

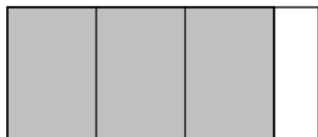
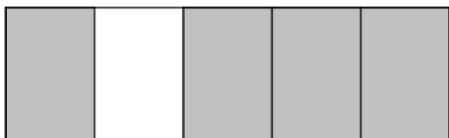
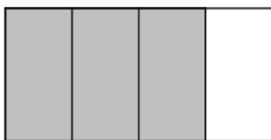
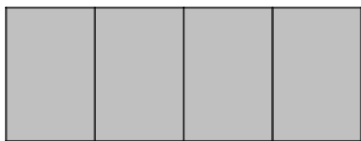
Date :

Q1. Entoure les rectangles où on a colorié en gris $\frac{2}{5}$ du rectangle hachuré.

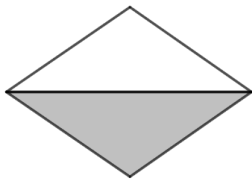
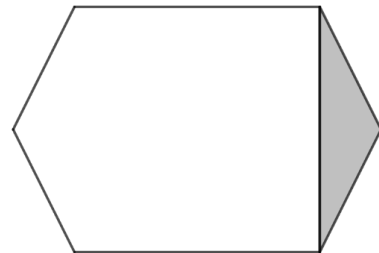
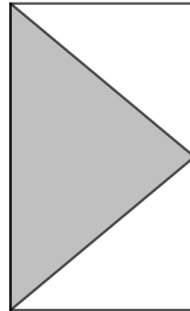
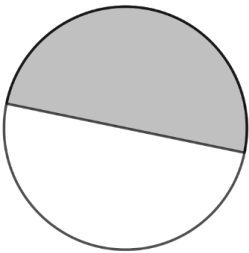
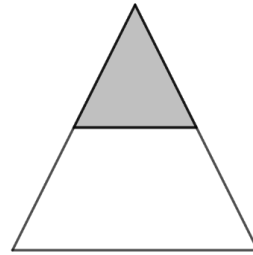
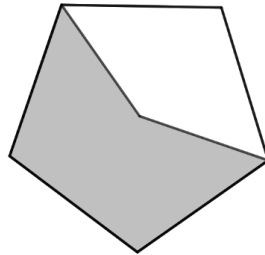


Q2. Entoure les rectangles où on a colorié en gris $\frac{4}{3}$ du rectangle hachuré.

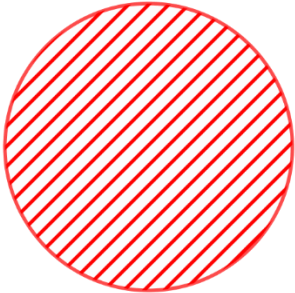
Surface unité :



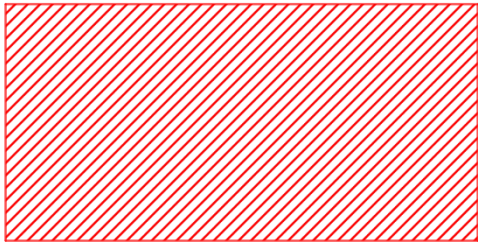
Q3. Entoure les figures où la partie grisée représente $\frac{1}{2}$ de la surface totale.




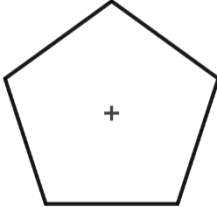
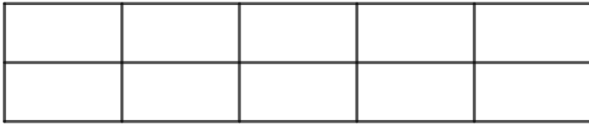
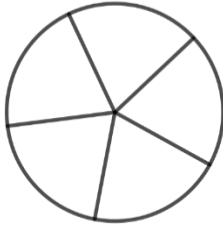
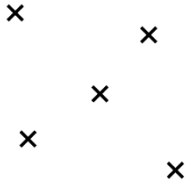
Q4a. Construis et colorie $\frac{1}{4}$ de cette surface.

Surface unité	Réponse
	


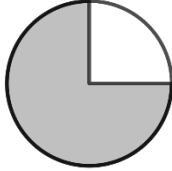

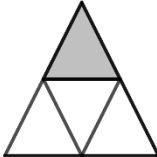



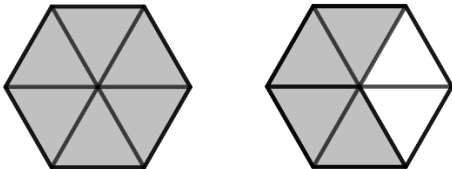

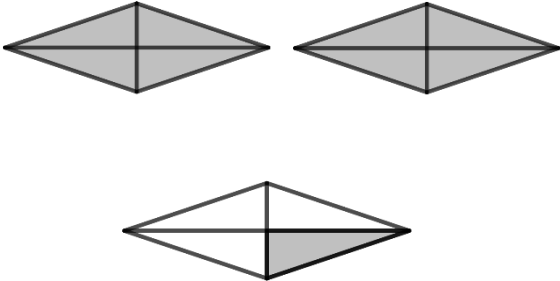
Q4b. Construis et colorie $\frac{5}{4}$ de cette surface.

Surface unité	Réponse
	

Q5. Colorie $\frac{4}{5}$ de chaque figure.

Q6. Indique la surface qui a été coloriée en gris.

Surface unité	Surface coloriée	Réponse
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>
		<p>...</p> <p>—</p> <p>...</p>

Q7. Ecris les fractions en utilisant les chiffres.

• cinq demis : $\frac{\dots}{\dots}$

• sept tiers : $\frac{\dots}{\dots}$

• deux septièmes : $\frac{\dots}{\dots}$

• trois quarts : $\frac{\dots}{\dots}$

Q8. Ecris ces fractions avec des mots.

● $\frac{7}{4}$

:

.....

● $\frac{3}{2}$

:

.....

● $\frac{5}{3}$

:

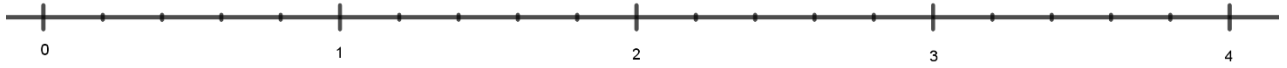
.....

● $\frac{6}{10}$

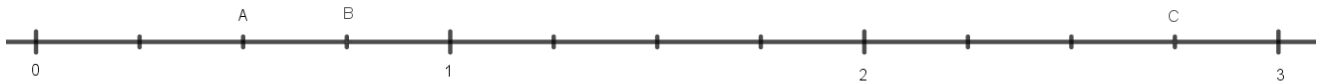
:

.....

Q9. Place ces trois fractions sur la droite graduée : $\frac{6}{5}$; $\frac{8}{10}$; $\frac{18}{5}$.



Q10. Trouve une fraction qui correspond aux points repère A, B et C.



Fraction qui correspond au point A :

Fraction qui correspond au point B :

Fraction qui correspond au point C :

Q11. Entoure en vert les fractions plus petites que 1, en bleu les fractions égales à 1 et en rouge les fractions plus grande que 1.

$$\frac{1}{2}$$

$$\frac{9}{9}$$

$$\frac{7}{4}$$

$$\frac{15}{10}$$

$$\frac{6}{24}$$

$$\frac{3}{3}$$

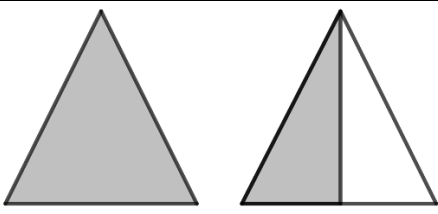
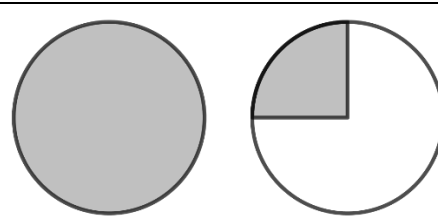
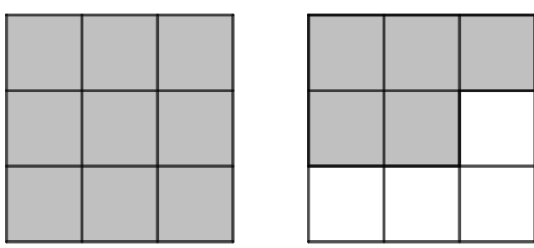
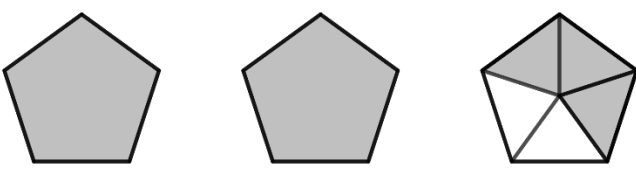
$$\frac{2}{5}$$

$$\frac{9}{6}$$

Q12. Coche la bonne case.

	VRAI	FAUX
$\frac{3}{5} = \frac{4}{6}$		
$\frac{3}{4} = \frac{34}{10}$		
$\frac{2}{1} = 1$		
$\frac{4}{3} = \frac{8}{6}$		
$\frac{5}{5} = 1$		
$\frac{7}{3} = \frac{3}{7}$		
$\frac{3}{4} = \frac{13}{14}$		

Q13. Exprime chaque surface coloriée sous la forme d'une somme d'un nombre entier et d'une fraction plus petite que 1.

	$\dots + \frac{\dots}{\dots}$
	$\dots + \frac{\dots}{\dots}$
	$\dots + \frac{\dots}{\dots}$
	$\dots + \frac{\dots}{\dots}$

Q14. Décompose chaque fraction sous la forme d'une somme d'un nombre entier et d'une fraction plus petite que 1.

$$\frac{7}{4} = \dots + \frac{\dots}{\dots}$$

$$\frac{16}{5} = \dots + \frac{\dots}{\dots}$$

$$\frac{11}{9} = \dots + \frac{\dots}{\dots}$$

Q15. Ecris chaque somme sous la forme d'une seule fraction.

$$7 + \frac{1}{2} = \frac{\dots}{\dots}$$

$$1 + \frac{5}{3} = \frac{\dots}{\dots}$$

$$4 + \frac{6}{5} = \frac{\dots}{\dots}$$

Q16. Entoure la fraction qui est la plus grande et **explique** pourquoi.

- $\frac{6}{7}$ ou $\frac{4}{7}$?

.....
.....
.....

- $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$?

.....
.....
.....

- $\frac{2}{5}$ ou $\frac{7}{3}$?

.....
.....
.....

- $\frac{5}{4}$ ou $\frac{5}{7}$?

.....
.....
.....

Q17. Ranger les fractions dans l'ordre croissant (du plus petit au plus

grand) : $\frac{3}{5}$; $\frac{12}{5}$; $\frac{7}{5}$; $\frac{4}{5}$.

.....
.....

Q18. Ranger les fractions dans l'ordre croissant (du plus petit au plus

grand) : $\frac{2}{3}$; $\frac{5}{2}$; $\frac{15}{6}$; $\frac{2}{1}$; $\frac{7}{6}$.

.....
.....

Q19. Calcule les additions suivantes :

$$\frac{2}{3} + \frac{5}{3} =$$

$$\frac{3}{4} + \frac{6}{4} + \frac{1}{4} =$$

$$\frac{2}{5} + \frac{7}{10} =$$

$$\frac{1}{2} + \frac{3}{4}$$

Q20. Calcule les additions suivantes :

$$\frac{3}{5} + \frac{11}{5} =$$

$$\frac{3}{4} + \frac{5}{8} =$$

$$1 + \frac{3}{7} =$$

$$\frac{5}{3} + \frac{1}{9} =$$

$$\frac{2}{10} + \frac{7}{10} =$$

$$3 + \frac{1}{3} =$$

Q21. Problème : Adam a regardé 21 épisodes d'une série télévisée. Chloé en a regardé le **tiers**. Combien d'épisodes Chloé a-t-elle regardés ?

Q22. Problème : Le livreur a déjà distribué 25 paquets. C'est le **quart** des paquets qu'il doit distribuer. Combien de paquets doit-il distribuer ?

Q23. Problème : Un télésiège comporte 80 sièges. 20 sièges sont déjà occupés par des passagers. Quelle fraction du total des sièges les sièges occupés représentent-ils ?

Q24. Problème : Sarah, Pénélope et Adam se partagent une plaque de chocolat. Sarah prend $\frac{1}{4}$ de la tablette, Pénélope en prend les $\frac{5}{8}$ et Adam prend ce qui reste. Quelle fraction de la plaque de chocolat Adam a-t-il prise ? Qui a eu le moins de chocolat ?

Description des modules du jeu

Voici une vue d'ensemble de chaque module et de la consigne (en termes mathématiques) qui l'accompagne.

Module	Type de tâches visées	Compétences travaillées
Rouages brisés	Reconstituer des disques avec des secteurs angulaires	C1 - Faire des liens entre différentes représentations des fractions C2 - Utiliser des fractions pour faire des partages de grandeurs
Dragon	Associer une surface à une fraction.	C2 - Faire des liens entre différentes représentations des fractions C1 - Utiliser des fractions pour faire des partages de grandeurs
Guerrier	Associer une surface à une fraction.	C3 - Utiliser des fractions pour mesurer des grandeurs C1 - Faire des liens entre différentes représentations des fractions
Porte poids	Associer une fraction à une surface.	C3 - Utiliser des fractions pour mesurer des grandeurs C1 - Faire des liens entre différentes représentations des fractions
Passage piégé	Associer une fraction à un repère sur une droite graduée.	C6 - Placer des fractions sur une demi-droite graduée C4 - Utiliser des fractions en tant que nombre
Pont gradué	Associer un repère d'une droite graduée à une fraction.	C5 - Repérer des fractions sur une demi-droite graduée C4 - Utiliser des fractions en tant que nombre
Totem	Associer une longueur à une fraction.	C3 - Utiliser des fractions pour mesurer des grandeurs C1 - Faire des liens entre différentes représentations des fractions C8 - Comparer deux fractions simples
Orgues	Associer une fraction à une longueur.	C3 - Utiliser des fractions pour mesurer des grandeurs C1 - Faire des liens entre différentes représentations des fractions C8 - Comparer deux fractions simples
Crânes	Ranger des fractions dans l'ordre croissant.	C9 - Ranger des fractions dans l'ordre croissant/décroissant C4 - Utiliser des fractions en tant que nombre

Module	Type de tâches visées	Compétences travaillées
Fossé	Trouver une fraction équivalente.	C7 - Etablir une égalité entre deux fractions simples C8 - Comparer deux fractions simples C4 - Utiliser des fractions en tant que nombre C10 - Additionner des fractions de même dénominateur
Coffre piégé	Trouver une fraction équivalente.	C7 - Etablir une égalité entre deux fractions simples C8 - Comparer deux fractions simples C4 - Utiliser des fractions en tant que nombre C10 - Additionner des fractions de même dénominateur
Araignée	Trouver une fraction équivalente.	C7 - Etablir une égalité entre deux fractions simples C8 - Comparer deux fractions simples C4 - Utiliser des fractions en tant que nombre C10 - Additionner des fractions de même dénominateur
Enigmes	Résoudre des problèmes	C11 - Résoudre des problèmes en utilisant des fractions simples C4 - Utiliser des fractions en tant que nombre

Annexe G

Votre avis sur les jeux Math Mathews.

Dans le cadre de mon mémoire, je m'intéresse aux compétences en fractions des enfants dyscalculiques ou ayant des troubles logico-mathématiques. Le but de ce mémoire est d'évaluer les effets d'une intervention à l'aide du jeu vidéo Math Mathews Fractions ou Multiplications sur les compétences en fractions d'enfants dyscalculiques de 10 à 12 ans. Suite à votre participation à ce protocole, je souhaiterai avoir votre avis d'orthophoniste sur les deux jeux proposés.

- Votre ville d'exercice ?
- Quels jeu(x) avez-vous utilisé(s) pour l'entraînement ?
 - Math Mathews Fractions
 - Math Mathews, A la recherche du collier de Sylla (Multiplications)
 - Les deux

Math Mathews Fractions

1. Avez-vous trouvé la prise en main du jeu difficile ?

- Oui
- Non
- Autre :

2. Lors de l'entraînement, vos patients ont-ils adhéré au jeu ?

- Oui
- Non
- Autre :

3. Pensez-vous que ce jeu soit un support de rééducation pertinent pour travailler les fractions ?

- Oui
- Non
- Autre :

4. Sur une échelle de 1 à 10 comment noteriez-vous le jeu dans sa globalité (pertinence, design, intérêt, ...) ?

5. Utiliseriez-vous ce jeu à des fins de rééducation pour un ou plusieurs de vos patients ?

- Oui
- Non
- Autre :

6. Auriez-vous des améliorations à proposer pour ce jeu ? En termes de design, d'évolution dans le jeu, d'activités proposées... ?

- Oui

- Non

7.Si « Oui » pourriez-vous les décrire en quelques mots ?

Math Mathews Multiplications (A la recherche du collier de Sylla)

1.Avez-vous trouvé la prise en main du jeu difficile ?

- Oui
- Non
- Autre :

2.Lors de l'entraînement, vos patients ont-ils adhéré au jeu ?

- Oui
- Non
- Autre :

3.Pensez-vous que ce jeu soit un support de rééducation pertinent pour travailler les fractions ?

- Oui
- Non
- Autre :

4.Sur une échelle de 1 à 10 comment noteriez-vous le jeu dans sa globalité (pertinence, design, intérêt, ...) ?

5.Utiliseriez-vous ce jeu à des fins de rééducation pour un ou plusieurs de vos patients ?

- Oui
- Non
- Autre :

6.Auriez-vous des améliorations à proposer pour ce jeu ? En termes de design, d'évolution dans le jeu, d'activités proposées... ?

- Oui
- Non

7.Si « Oui » pourriez-vous les décrire en quelques mots ?

Tribune Libre

Fin du questionnaire

Annexe G