



**HAL**  
open science

# Révolution robotique au service de la rééducation de l'écriture chez des enfants présentant une dysgraphie

Lara El Khayat

► **To cite this version:**

Lara El Khayat. Révolution robotique au service de la rééducation de l'écriture chez des enfants présentant une dysgraphie. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03297267

**HAL Id: dumas-03297267**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03297267>**

Submitted on 23 Jul 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Institut de Formation en Psychomotricité de la  
Pitié Salpêtrière  
Faculté Médecine Sorbonne Université  
91, Bd de l'Hôpital  
75013 Paris



**RÉVOLUTION ROBOTIQUE AU SERVICE DE LA  
RÉÉDUCATION DE L'ÉCRITURE CHEZ DES ENFANTS  
PRÉSENTANT UNE DYSGRAPHIE**

**MÉMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME D'ETAT  
DE PSYCHOMOTRICIEN**

Présenté par  
EL - KHAYAT Lara

Sous la direction de  
Mme ZAMMOURI Ingrid

2021



## **REMERCIEMENTS**

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce aux personnes qui m'ont aidée dans mon parcours.

Je tiens donc à adresser mes plus sincères remerciements à mon directeur de mémoire Madame Ingrid Zammouri pour sa présence, sa patience et ses conseils avisés.

Je remercie également Mme Anne Vachez Gatecel, directrice de l'Institut de Formation en Psychomotricité, de m'avoir sélectionnée et de m'avoir donné la possibilité de réaliser mon stage à la Pitié-Salpêtrière.

J'exprime particulièrement ma reconnaissance et mes remerciements aux chercheurs Soizic Gauthier, Salvatore Anzalone et Jianling Zou, pour leur disponibilité, l'encouragement et leur soutien continu.

Je remercie chaque parent et chaque enfant pour leur participation à cette étude.

Et mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont soutenue, entourée et ont cru en moi depuis le début de mes études.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>8</b>
<b>I. CADRE THÉORIQUE.....</b>	<b>11</b>
<b>I.1. L'ÉCRITURE.....</b>	<b>12</b>
I.1.1. Acquisition de l'écriture.....	13
I.1.2. Le modèle neuropsychologique d'Ellis et Young (1988).....	15
I.1.3. Le programme moteur.....	18
<b>I.2. LA DYSGRAPHIE .....</b>	<b>21</b>
I.2.1. Définitions.....	21
I.2.2. Caractéristiques.....	22
I.2.3. Comorbidités.....	23
I.2.4. Conséquences d'une écriture déficiente.....	25
I.2.5. Diagnostiquer la dysgraphie.....	26
<b>I.3. RÉÉDUCATION DE LA DYSGRAPHIE.....</b>	<b>27</b>
I.3.1. Rôle de la métacognition dans la rééducation de la dysgraphie.....	27
I.3.3. La technologie au service de la rééducation de la dysgraphie.....	28
<b>II. MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>29</b>
<b>II.1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA POPULATION.....</b>	<b>30</b>
<b>II.2. DÉMARCHE.....</b>	<b>33</b>
II.2.1. Protocole.....	33
II.2.1.1. Cadre spatio-temporel.....	33
II.2.1.2. Objectifs du projet de recherche.....	33

II.2.1.3. Objectifs du protocole du mémoire.....	34
II.2.1.4. Outils.....	34
II.2.1.5. Déroulement du protocole.....	36
<b>II.3. MÉTHODE D’ANALYSE DES DONNÉES.....</b>	<b>38</b>
II.3.1. Observations qualitatives des séances.....	38
II.3.1. Analyse thématique des entretiens avec les participants.....	38
<b>III. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....</b>	<b>40</b>
<b>III.1. ANALYSE QUALITATIVE DES SÉANCES.....</b>	<b>41</b>
III.1.1. Répartitions des rôles entre la psychomotricienne et le robot .....	41
III.1.2. Comportement des enfants et la relation avec QT.....	43
III.1.3. La posture des enfants.....	44
III.1.4. Les stratégies et les adaptations utilisées.....	45
<b>III.2. ANALYSE THÉMATIQUE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>47</b>
III.2.1. Perception du contexte.....	47
III.2.2. Perception du robot.....	48
III.2.3. Être mis mal à l’aise par le robot ou le scénario.....	50
III.2.4. Enjeux personnels.....	51
III.2.5. Situer le rôle de chacun dans le scénario et se projeter dans QT.....	53
III.2.6. Discussion.....	54
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	
<b>ANNEXES.....</b>	
Annexe A : Fiche de passation du BHK.....	<b>I</b>

Annexe B : Exemple de la passation du BHK.....	<b>II</b>
Annexe C : Exemple de lettre de consentement, à faire signer par les parents.....	<b>III</b>
Annexe D : Cadre spatial des séances avec QT.....	<b>XI</b>
Annexe E : Interface de QT.....	<b>XII</b>
Annexe F : Le logiciel Dynamico et ses jeux sérieux.....	<b>XIII</b>
Annexe G : Questions posées aux entretiens semi-directifs.....	<b>XV</b>
Annexe H : Regroupement des codes en catégories et en thèmes.....	<b>XVI</b>

## INTRODUCTION

L'écriture est une tâche complexe et essentielle. L'enfant passe 60% de sa journée sur des tâches académiques qui sollicitent l'écriture (McHale, Cermak, 1992).

C'est un moyen pour exprimer sa pensée, à travers des mots, des phrases, un texte. Elle consiste aussi à organiser des lettres et des signes (Le Roux, 2005). Le but de l'écriture est de laisser une trace écrite sur le papier.

Pendant longtemps, les études analysant la production graphique se sont basées sur la trace écrite. Toutefois, l'écriture ne se limite pas uniquement à une trace, mais à un processus : l'écriture est un mouvement élaboré et finalisé dans lequel chaque mouvement est géré (Franc, 2005).

L'écriture s'apprend et nécessite un entraînement régulier. L'acquisition et l'automatisation de l'écriture sont des constituantes de réussite scolaire. Des difficultés pendant la période d'apprentissage de l'écriture peuvent induire une mauvaise estime de soi et/ou des problèmes dans le développement psycho-social chez l'enfant (Feder, 2007).

Le trouble de l'écriture, qui se caractérise par une écriture illisible et/ou trop lente, est la dysgraphie. Les enfants présentant une dysgraphie ont des difficultés à suivre le rythme et les exigences scolaires. Ils sont jugés paresseux, démotivés et intolérants à la frustration (Sandler *et al*, 1992).

Avec le développement de la technologie, notamment les tablettes numériques, il est devenu possible d'enregistrer et d'analyser le processus de l'écriture. Ainsi, l'intérêt à l'apprentissage et au processus de l'écriture s'est accru, pour une meilleure compréhension de ses troubles (Danna *et al.*, 2013).

Étant déjà diplômée au Liban, j'ai utilisé la tablette pour mon mémoire de master. J'ai toujours été intéressée par l'apport des outils technologiques à la psychomotricité. Pour mon mémoire de master, j'ai utilisé la tablette WACOM Intuos 4 Large pour réaliser une étude longitudinale des aspects de l'écriture (système graphique français) chez des enfants libanais, bigraphes, âgés entre 7 et 12 ans. J'ai aussi utilisé le logiciel Scratch et PowerPoint comme support pour mes séances de prises en charge psychomotrice régulières et pour des séances en

ligne depuis le premier confinement. Afin d'approfondir mes connaissances dans ce domaine, je suis intéressée à découvrir des nouveaux outils qui peuvent être adaptés aux besoins des enfants nécessitant une prise en charge psychomotrice.

Plusieurs études se sont alors centrées sur le développement de nouveaux outils technologiques, adaptés aux enfants (Danna et al., 2014 ; Pagliarini et al., 2015 ; Jolly et al., 2010 ; Sjøvik & Teulings, 1983). Récemment, des chercheurs, ingénieurs, thérapeutes et enfants collaborent ensemble afin d'explorer l'apport du robot social dans l'accompagnement et l'apprentissage de l'écriture (Han, 2010 ; Hood et al., 2015 ; Jacq et al., 2016 ; Johal, 2020 ; Leyberg et al., 2014). Le robot social est un robot capable de s'engager dans des interactions sociales : il est dynamique, expressif et social (Breazeal, 2000).

Intéressée par l'utilisation de nouveaux outils technologiques et motivée à trouver un stage qui pourrait compléter mon expérience antérieure et approfondir mes connaissances dans le domaine de l'écriture, j'ai eu l'opportunité d'obtenir un stage expérimental, au sein du service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent à la Pitié-Salpêtrière, et de travailler avec une équipe de chercheurs qui persévèrent à développer des outils technologiques innovants et adaptés aux besoins spécifiques des patients qu'ils accueillent.

Toutefois, la situation sanitaire actuelle a affecté le début de mon stage, qui était prévu à partir de novembre 2020. Mais avec le confinement de novembre et le télétravail, le robot n'a pas pu être prêt pour les expérimentations avant début mars 2021. Le retard du début des expérimentations ne m'ont pas permis d'achever les séances prévues à temps. Malgré un léger manque au niveau des résultats du protocole, la singularité du sujet et des données traitées dans ce mémoire méritent d'être exposées.

Je travaille avec des ingénieurs et un chercheur en psychologie qui développent un robot social, nommé QT. Le but de cette recherche est de designer et de développer de façon collaborative entre un groupe d'enfants et des psychomotriciennes du service, ce nouvel outil technologique. L'intérêt est donc de créer un outil interactif, motivant, qui sollicite l'apprentissage, avec les enfants et pour les enfants, et avec les thérapeutes et pour les thérapeutes. QT est alors présenté aux enfants, il a aussi des difficultés d'écriture et a besoin de leur aide pour s'améliorer. Les enfants sont ainsi dans une situation de « learning by teaching » : ils doivent aider QT à mieux écrire, tout en s'entraînant à l'écriture.

Dans le cadre de cette étude, nous allons nous intéresser à l'apport, à la plus-value, de QT dans la prise en charge des troubles de l'écriture. En sortant donc du contexte habituel de la prise en charge en psychomotricité et en introduisant QT lors des séances, nous cherchons à voir si les enfants sont plus motivés face aux tâches écrites ? Quelle est place de QT lors des séances ? Est-ce que le fait d'être en position d'enseignant permet aux enfants de s'intéresser à la tâche écrite et d'apprendre efficacement ?

Pour répondre à nos questionnements, nous avons réalisé un protocole de neuf séances en individuel, à raison d'une séance hebdomadaire, avec la présence de QT et de la psychomotricienne. Deux enfants présentant une dysgraphie participent à ce protocole. Chaque enfant doit aider QT, sur neuf séances, à améliorer son écriture en s'entraînant sur *Dynamico*, un logiciel qui contient des jeux sérieux et qui sollicite l'apprentissage de l'écriture. Toutes les trois séances, un entretien semi-directif est réalisé avec chaque enfant pour partager ses impressions, ses opinions, ses ressentis. L'analyse des résultats se base sur des observations qualitatives recueillies lors des séances et une analyse thématique des données récoltées lors des entretiens semi-directifs.

Nous définirons d'abord le cadre conceptuel relatif à l'écriture et à la dysgraphie. La démarche méthodologique et le protocole seront par la suite exposés. Les résultats de l'étude soulèveront enfin une analyse et une réflexion claire et détaillée.

## **I. CADRE THÉORIQUE**

Cette partie sera consacrée au passage en revue de l'ensemble des informations indispensables à l'approfondissement de nos réflexions relatives à l'écriture.

Nous évoquerons en premier lieu l'écriture dans ses aspects théoriques en évoquant son acquisition, son évolution et un des modèles neuropsychologiques sur lequel nous nous appuyons ainsi que la notion de programmes moteurs.

Ensuite, nous allons évoquer la dysgraphie, ses répercussions et les technologies au service de ce trouble.

## **I.1. L'ÉCRITURE**

L'écriture est un acte moteur complexe qui comporte des processus « centraux » et « périphériques » permettant l'élaboration et l'organisation du geste graphique.

Les processus « centraux » contiennent les traitements cognitifs et linguistiques nécessaires à l'écriture, et les processus « périphériques » sont responsables de la programmation et du contrôle moteur.

L'écriture est donc un mouvement, effectué au service du langage, qui implique des facteurs endogènes (dextérité manuelle et digitale, intégration visuo-motrice, attention visuelle, contrôle rétroactif) et des facteurs exogènes (style d'écriture, langage, contrôle proactif).

Ces facteurs de l'écriture s'installent avec l'âge et l'acquisition de l'écriture (Albaret et al., 2013).

### **I.1.1. Acquisition de l'écriture**

Les études transversales réalisées autour de l'écriture ont mis en relief une amélioration de la qualité graphique avec l'âge (Overvelde & Hulstijn, 2010 ; Zesiger, 2003 ; Grossberg & Paine, 2000 ; Van Galen & Weber, 1998 ; Meulenbroek et al., 1988).

Ces auteurs affirment que l'enfant nécessite plusieurs années d'apprentissage et d'entraînement afin d'automatiser son écriture et de répondre aux exigences scolaires de lisibilité, de régularité et d'efficacité. Dans cette étude, nous allons nous intéresser à l'évolution de l'écriture des sujets entre 6 et 15 ans.

Avant le CP (6-7 ans), le sujet s'est entraîné à adopter une posture adaptée et à réaliser des mouvements nécessaires à la production de l'acte graphique (Van Galen & Weber, 1998), grâce à des situations de copie des formes pré-graphiques (Grossberg & Paine, 2000).

En CP, il apprend à former et à assembler des lettres afin de former des mots. Ces lettres sont réalisées à l'aide des mécanismes de rétroaction : le sujet établit des visus et vient visuels en copiant des lettres du tableau. La formation des mots se réalise par des associations de traits. En effet, l'enfant adopte un mode de contrôle rétroactif : grâce à un feedback visuel, il est capable de se corriger au cours de sa production au niveau de l'amplitude et de l'orientation de la lettre (Grossberg & Paine, 2000). Le programme moteur n'est pas encore mis en place. A cet âge, l'enfant n'est donc toujours pas capable de se former aux normes calligraphiques imposées. La vitesse du mouvement reste irrégulière (Zesiger et al., 2000).

En CE1 (entre 7 et 8 ans), la production graphique relève un gain en fluidité. Le sujet fait preuve d'une amélioration du respect de la forme des lettres, de l'espace entre les lettres et les mots. De plus, il présente un meilleur alignement des mots sur la ligne (Overvelde & Hulstijn, 2011). Les recherches de Van Galen (1991) et de Zesiger (2003) affirment une amélioration de la durée de production, de la pression, ainsi qu'une diminution du nombre et de la durée de pauses. Cette amélioration de ces aspects de l'écriture semble être en lien avec le début de la mise en place du programme moteur vu que le mode de contrôle rétroactif s'atténue en situation de copie : lorsque le sujet maîtrise mieux son écriture, il réalise de moins en moins de feedbacks visuels afin de vérifier sa production.

En CE2 (entre 8 et 9 ans), l'organisation spatiale de l'espace graphique s'améliore. Les marges sont correctes, les lignes sont droites et régulièrement espacées (Ajuriaguerra et al, 1964). Van Galen et Meulenbroek (1988) notent une diminution de la vitesse et de la fluidité de sa trace écrite. Le programme moteur des lettres étant assimilé, l'enfant peut se centrer sur l'organisation spatiale de sa feuille. De plus, Zesiger et al. (2000) estiment que dès l'âge de 9 ans, le sujet dispose d'une mémoire tampon graphémique capable de retenir en mémoire une séquence de six lettres sans devoir réactiver des représentations.

En CM1, l'enfant est âgé entre 9 et 10 ans. Vers 9 ans, une forme de régression est observée : la vitesse et la fluidité diminuent (Van Galen & Weber, 1998). A 10 ans, une stabilisation des formes des lettres est notée. La vitesse augmente avec l'automatisation des mouvements (Hasmtra-Bletz & Blöte, 1993). Le mode de contrôle adopté est devenu proactif et le programme moteur s'acquiert pour les différents graphèmes ou lettres. La production de ces dernières se réalise en boucle ouverte. Cette phase permet au sujet de se concentrer sur le contenu de l'écriture au lieu de sa qualité.

Entre 10 et 11 ans, le sujet est en classe de CM2. Son écriture se régularise. La longueur, la durée totale et la pression se stabilisent (Hasmtra-Bletz & Blöte, 1993).

A partir de la 6<sup>ème</sup>, l'enfant commence à personnaliser son écriture à partir de l'âge de 11 ans. L'enfant gagne en efficacité et en automatisation. La durée et le nombre de pauses diminuent. La vitesse de production augmente davantage. Le sujet vérifie sa trace écrite tout en maintenant la taille des lettres, où il doit placer les signes afin de maîtriser l'ensemble des caractéristiques de l'écriture (Ajuriaguerra et al., 1964).

L'écriture est donc un processus d'apprentissage qui débute avant l'âge de 7 ans et perdure jusqu'à l'adolescence. L'écriture se modifie dans tous ses aspects : en taille, en organisation spatiale, en durée et en vitesse du mouvement.

Afin de mieux comprendre l'acquisition de l'écriture, il est nécessaire d'exposer les différentes études permettant la compréhension des mécanismes mis en jeu lors de l'écriture. Les modèles neuropsychologiques permettent de comprendre le cheminement de l'information lors de l'apprentissage du processus de l'écriture. Parmi eux, nous présenterons celui d'Ellis et Young.

### I.1.2. Le modèle neuropsychologique d'Ellis et Young (1988)

Des chercheurs ont mis en place différents modèles neuropsychologiques afin de comprendre le processus du traitement de l'information intervenant dans l'écriture. Ellis & Young ont élaboré en 1988 un modèle de la reconnaissance et de la reproduction du langage écrit. Il postule que les différentes voies neurologiques interviennent dans la production du langage écrit.

Ce modèle est divisé en sous-systèmes, chacun ayant un rôle spécifique au niveau du traitement de l'information (cf. Figure 1).

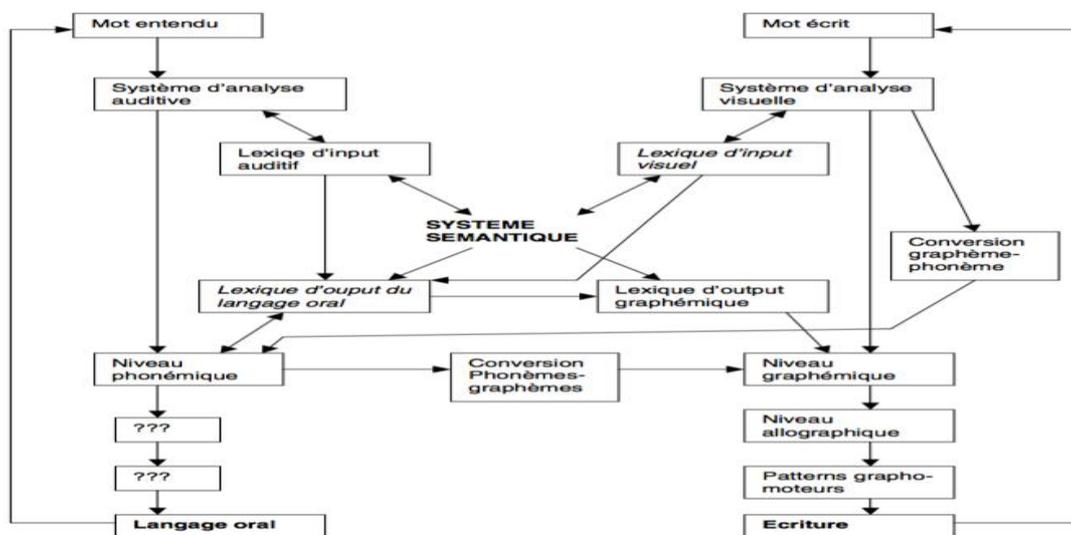


Figure 1 : Modèle neuropsychologique de l'écriture, Ellis et Young, 1988.

Ce modèle présente une voie neurologique ascendante et une voie neurologique descendante. La voie neurologique ascendante s'élabore au niveau du mouvement et monte vers le système nerveux central. Elle concerne le domaine de la lecture et de l'écoute et sollicite le système sémantique. La voie neurologique descendante a pour origine le système nerveux et descend vers les muscles effecteurs. Cette voie concerne la parole ainsi que l'écriture.

Dans le cadre de cette recherche, la voie neurologique descendante nous intéresse vu qu'elle nous permet de comprendre comment se déroule l'acte de lire un mot et de le

retranscrire (tâche de copie). Voici les modules mis en jeu dans une situation de copie de mots présentant un sens au sujet :

- Le « système d'analyse visuelle » qui permet d'identifier une lettre dans un mot et de traiter chaque lettre en fonction de sa position dans le mot.
- Le module « lexique visuel d'input » qui permet la reconnaissance de mots familiers et qui active le système sémantique.
- Le module « lexique d'output graphémique » qui est responsable de la mémorisation temporaire des unités graphémiques.
- Le module « niveau graphémique » qui est responsable de la transcription des phonèmes en graphèmes.
- Le lexique d'output graphémique organise les séquences de lettres dans un mot.
- Le « niveau allographique » qui englobe les codes allographiques. Il est chargé de la rétention mnésique à long terme de la forme et des variantes d'un graphème, en ce qui concerne la casse (majuscule/minuscule), le type de l'écriture (script/cursif) et la forme spécifique de la lettre (écriture personnalisée).
- Le « pattern graphomoteur » comporte le schéma moteur graphique nécessaire à la réalisation des mouvements suivant une direction, des séquences, des tailles, des traits et une disposition spatiale spécifique. Ce dernier module est assisté par un contrôle rétroactif pour vérifier les productions : c'est la lecture de sa propre production afin de s'autocorriger au fur et à mesure de sa production. Ce contrôle rétroactif est marqué par une boucle reliant le module « écriture » et le module « mot écrit »

Notons que la voie directe traversant les modules « système d'analyse visuelle », « niveau graphémique », « niveau allographique », « pattern graphomoteur » et « écriture », correspond à une tâche de copie d'un mot, sans la compréhension du mot lu.

De plus, il y a une voie directe traversant les modules « système d'analyse visuelle », « niveau graphémique », « niveau allographique », « pattern graphomoteur » et « écriture » qui correspond à une tâche de copie d'un mot dont le sens était connu auparavant.

Dans ce mémoire, nous avons choisi de présenter ce modèle neuropsychologique parce qu'il détaille le traitement de l'information qui se produit lors de l'acquisition de l'écriture,

dans une situation de copie. Les psychomotriciennes s'intéressent à la situation de copie vu que le test qui diagnostique la dysgraphie consiste à copier un texte. De plus, l'outil utilisé dans notre protocole inclue un jeu de copie de mots.

Dans une situation où le sujet est face à un nouveau mot à copier, il va analyser visuellement ce mot et va créer une représentation visuelle qui active ainsi le système sémantique. Un sens est alors attribué à ce mot et le sujet sera dorénavant capable de convertir les phonèmes de ce mot en graphèmes aboutissant à un codage allographique. Une mobilisation et une activation dans la mémoire à long terme des patterns graphomoteurs est le résultat de ce codage.

Lors de l'apprentissage de l'écriture, l'enfant se met face à des situations de copie de nouveaux mots dont il ne connaît pas le sens. Avec la répétition, l'enfant attribue au mot un sens. Plus l'enfant s'entraîne à écrire ce mot, plus les représentations mentales s'ancrent dans son cerveau, plus la conversion graphème-phonème devient systématique et plus le mouvement s'automatise.

En passant d'une classe à une autre, l'enfant apprend à écrire de nouveaux mots. Pendant ce temps, il écrit à la fois des mots anciens et des mots nouveaux. Cette automatisation des mots anciens se convertit en une voie qui passe directement du « système d'analyse visuelle » au « niveau graphémique », supposant que l'enfant connaît déjà le sens des mots et les unités graphémiques les constituant. Ainsi le traitement de l'information devient plus rapide, et le mouvement plus automatique. Le processus de l'écriture se développe alors en créant de nouvelles voies.

Le modèle neuropsychologique d'Ellis et Young nous permet ainsi de comprendre le traitement de l'information en situation de copie grâce à des voies neurologiques descendantes qui varient avec l'entraînement, selon l'âge de l'enfant (son niveau de compréhension et le développement de la mémoire à long terme en parallèle) en situation d'apprentissage du langage écrit.

L'écriture en situation de copie fait donc intervenir des processus moteurs, linguistiques, perceptifs et cognitifs. Son acquisition permet la mise en place d'un pattern graphomoteur élaboré, appelé aussi « programme moteur généralisé ». Nous allons définir le programme moteur dans ce qui suit.

### I.1.3 Le programme moteur

La définition du programme moteur a évolué selon les théories du contrôle moteur. Le contrôle moteur s'effectue au travers d'un programme moteur. Selon Henry et Rogers (1960), le programme moteur est stocké en mémoire et est ensuite transformé en commande motrice à des groupes musculaires.

Keele (1968) a ajouté la partie responsable de sa conception : la pré-programmation. Il s'agit alors d'« une commande d'un groupe musculaire qui est structurée avant qu'une séquence de mouvements ne débute et qui permet à la séquence entière d'être effectuée sans être influencée par les feed-back périphériques ».

En 1975, Schmidt a élaboré la notion de stockage de l'ensemble des programmes moteurs. Il a introduit le programme moteur généralisé selon des catégories de mouvements stockés en mémoire.

Le programme moteur généralisé contiendrait des paramètres variables et invariants. Les paramètres variables englobent, d'une part, l'adaptation de la force et la durée totale du mouvement en fonction des contraintes de l'environnement ou de la tâche. Les paramètres invariants comprendraient, d'autre part, la structure temporelle relative (phasing), l'ordre des séquences du mouvement, et la force relative des muscles impliqués.

La production d'un mouvement se réalise suite à la sélection d'un programme moteur adapté ayant une finalité et une spécification de ses paramètres afin de permettre l'exécution du programme moteur.

Plus récemment, Zesiger met en place un modèle qui introduit les différentes étapes de l'apprentissage de l'écriture et facilite la compréhension des difficultés de l'écriture au niveau de chaque étape. Il considère que l'écriture est une tâche motrice complexe qui requiert à la fois une vitesse de production et un respect de la morphologie des différentes formes graphiques, présentant des similarités spatiales. L'écriture est donc une praxie qui nécessite à la fois vitesse et précision.

Les articulations de l'épaule, du coude, du poignet et de la main permettent la réalisation de ces mouvements : le membre scripteur trace ainsi des lettres, des liaisons, réalise

des transferts en avant et en arrière et contrôle la pression exercée lors de l'acte. Cet acte graphique s'accomplit grâce à une fluidité au niveau du mouvement et une posture adaptée.

L'acquisition de l'écriture repose alors sur des compétences multiples :

- Des connaissances linguistiques (métaphonologie, nom et son des lettres, orthographe, etc.).
- Des connaissances visuo-spatiales (formes des lettres, relations spatiales entre les traits, position des lettres sur la ligne et dans l'espace graphique, etc.).
- Des capacités de programmation et d'exécution motrices (générations de trajectoires, ajustement postural, utilisation des points d'appui, tenue de l'outil scripteur).

Zesiger (2003) explique le lien entre ces différentes compétences dans le modèle ci-dessous (cf. Figure 2).

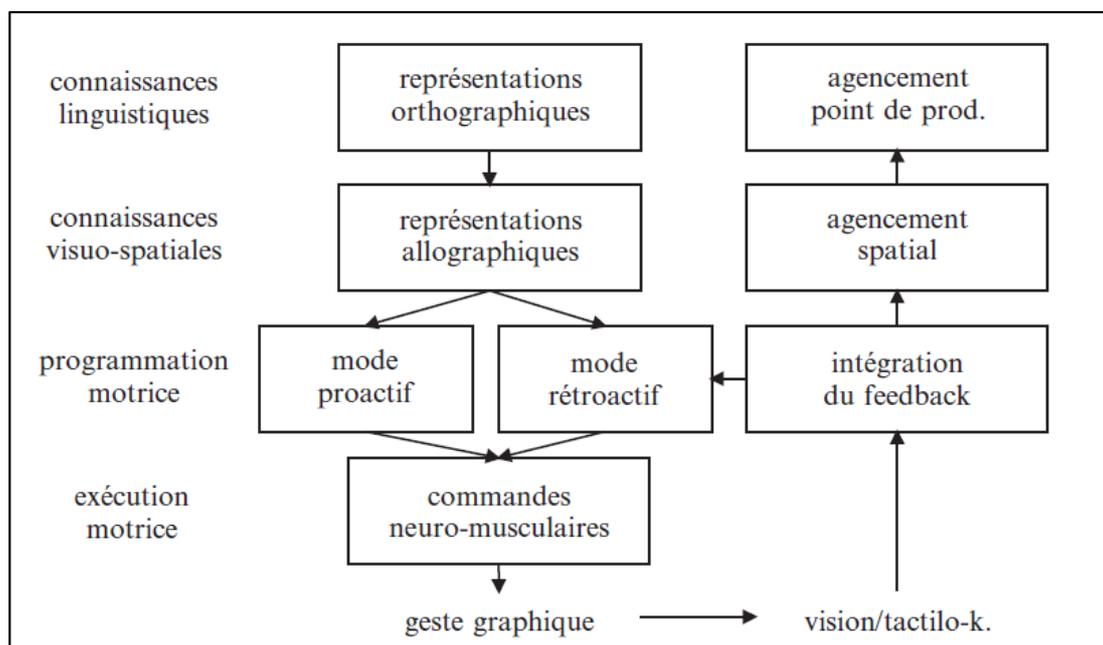


Figure 2 : Modèle de Zesiger, 2003.

Au début de l'apprentissage de l'écriture, le sujet planifie son programme moteur et déclenche l'exécution motrice. Il contrôle son mouvement grâce à des rétroactions proprioceptives et extéroceptives en réalisant des vas et viens visuels entre sa feuille et le modèle à copier. Ainsi, il réalise des mouvements lents. Il va évaluer sa production et corriger ses erreurs par rapport aux résultats désirés.

Avec l'âge et l'entraînement, le sujet utilisera de moins en moins le mode de contrôle rétroactif. Ainsi, le mouvement gagne en rapidité et en fluidité. Le mode de contrôle devient proactif. La réalisation d'un mouvement correct et fluide est ainsi possible.

A l'école, le développement du processus de l'écriture passe par le contrôle du mouvement. Ce processus débute d'abord par l'association du mode proactif et rétroactif pour un meilleur contrôle du mouvement qui n'est pas encore automatisé. Avec l'âge, la répétition permet le stockage des programmes moteurs en mémoire. L'écriture se met donc en place avec l'automatisation du programme moteur. Toutefois, le trouble qui affecte le programme moteur chez l'enfant est la dysgraphie. Et comme nous nous intéressons à la dysgraphie, nous allons alors la définir et nous intéresser à son impact sur la scolarité de l'enfant.

## I.2. LA DYSGRAPHIE

### I.2.1. Définitions

Plusieurs recherches s'intéressent à définir ce trouble, le répartir en plusieurs classifications et spécifier ses critères. Jusqu'à présent, la dysgraphie est toujours absente dans les classifications internationales.

Elle est décrite en tant que « trouble de l'expression écrite » dans le DSM-V (2014) parmi les « troubles spécifiques des apprentissages ». Ce trouble de l'expression écrite dure depuis au moins six mois, malgré des interventions spécifiques, et affecte la performance scolaire et les activités de la vie quotidienne. Ces difficultés peuvent soit apparaître au début des années scolaires, soit lorsque les demandes académiques surpassent les capacités de l'enfant. Les difficultés d'expression écrite ne sont pas expliquées par une déficience intellectuelle, des troubles sensoriels (visuels, auditifs) ou par un trouble neurologique.

La CIM 10 (1993) considère la dysgraphie comme un trouble spécifique du développement moteur.

Selon Albaret et al. (2013, p.157) « *Les réalisations en écriture, évaluées par des tests standardisés passés de façon individuelle mesurant la qualité et la fréquence d'inscription de l'écriture, sont nettement en dessous du niveau escompté compte tenu de l'âge chronologique du sujet, de son niveau intellectuel, de son développement psychomoteur général et d'un enseignement approprié à l'âge. Cela peut se traduire par une écriture lente, illisible, comportant des ratures et des formes de lettres irrégulières et variables, un geste manquant de fluidité et de régularité* ».

La dysgraphie atteint les garçons plus que les filles (3/1). Il est estimé que 6 à 8 % des enfants dans la population scolaire présentent une dysgraphie (Kaiser, 2009).

Plusieurs modèles neuropsychologiques ont essayé d'expliquer ce trouble de l'écriture. Dans cette recherche nous allons nous baser sur les modèles qui ont été mentionnés précédemment.

## I.2.2. Caractéristiques de la dysgraphie

La dysgraphie peut se répercuter sur les différentes étapes précédemment citées dans le modèle de Zesiger (2003) et dans le modèle de Ellis (1988).

- Au niveau des connaissances linguistiques, la structure orthographique et le choix des lettres sont affectés. La forme des lettres est correcte, mais celles-ci peuvent être mal placées. Il est possible d'avoir des lettres en plus à l'intérieur d'un mot. Il s'agit donc d'une dysgraphie linguistique.
- Au niveau des connaissances visuo-spatiales, le système allographique peut être altéré. Le sujet avec une dysgraphie a des difficultés à choisir la forme d'une lettre (majuscule/minuscule, cursive/script). Le sujet peut introduire une lettre scripte au milieu d'une écriture cursive. La dysgraphie est considérée d'ordre spatial.
- Au niveau de la programmation et l'exécution motrice, la feuille est mal organisée et le tracé est maladroit. Des erreurs de formes et de proportions sont mises en évidence. Il y a un irrespect des espaces entre les lettres et les mots. Les lettres ne sont pas reliées entre elles. Les lignes ne sont pas droites. La trace écrite est saccadée et manque de fluidité. Il y a une irrégularité des tailles de lettres, des déformations et une mauvaise régulation du geste et de sa vitesse. Chez l'enfant dysgraphique, la tenue du crayon n'est pas toujours adaptée. Il exerce une pression exagérée sur l'outil scripteur et se plaint de fatigue et de douleurs (crampes). La dysgraphie est d'ordre moteur.

Selon Zesiger (2003), les caractéristiques de dysgraphie sont reliées à un niveau de traitement spécifique. L'écriture illisible et lente proviendrait d'un déficit de programmation motrice et les variabilités spatiales et temporelles sont liées aux difficultés d'exécution motrice.

Selon Graham et al. (2000) et Feder et al.,(2005), la dysgraphie résulte d'un simple déficit moteur. Les auteurs supposent que les difficultés de dextérité digitale, une incapacité à contrôler la coordination inter-segmentaire des doigts, pourraient expliquer une dysgraphie.

Des études récentes (Del Castilo et al., 2010 ; Di Pietro et al., 2010) distinguent la dysgraphie centrale (lié à un trouble linguistique) de la dysgraphie périphérique. Cette dernière est due, soit à une atteinte du stockage, soit de la sélection des allographes, soit de l'exécution des patterns graphomoteurs.

### **I.2.3. Comorbidités**

La dysgraphie peut être associée à plusieurs troubles spécifiques des apprentissages, notamment la dyslexie, le Trouble Développementale de la Coordination (TDC) et le Trouble de Déficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivité (TDA/H).

#### Dygraphie – Dyslexie

La dyslexie fait partie des Troubles Spécifiques des Apprentissages dans le DSM-V et se manifeste par une inefficacité ou une lenteur dans la lecture de mots. Elle affecte la performance scolaire et les activités de la vie quotidienne. Les difficultés ne sont pas mieux expliquées par une déficience intellectuelle, des troubles sensoriels (visuels, auditifs) ou par un trouble neurologique.

L'écriture et la lecture s'apprennent et se développent en parallèle. Elles se renforcent mutuellement (Berninger et al., 2008). Les troubles les affectant sont associés : en effet, 85% des enfants avec dyslexie présentent une dysgraphie (Capellini et al., 2010).

L'écriture des sujets avec dyslexie présente une lenteur, peu de lisibilité, des liaisons incorrectes entre les lettres et des télescopages. Il y a un manque de fluidité et une variation au niveau de la forme des lettres (Pagliarini et al., 2015).

#### Dysgraphie – TDC

Selon le DSM-V, le TDC fait partie des Troubles Spécifiques du Langage et des Apprentissages. Il est caractérisé par un trouble de l'acquisition de l'exécution des compétences motrices et par une lenteur d'exécution. Ces difficultés ne sont pas expliquées par une déficience intellectuelle, des troubles sensoriels (visuels, auditifs) ou par un trouble neurologique. Le terme TDC remplace l'ancien terme Trouble de l'Acquisition de la Coordination (TAC) (Association American Psychiatric, 2013).

Vaivre-Douret et al. (2011) ont relevé que 38 parmi 53 enfants avec TAC dans leur étude ont des difficultés d'écriture. Parmi les 38, 19 enfants ont une dysgraphie. Les

caractéristiques de la dysgraphie chez les enfants avec TAC sont une lenteur de la fréquence d'inscription, un manque de lisibilité et des difficultés d'organisation spatiale de la feuille et de la taille des lettres. Le mouvement d'écriture n'est pas automatique (Jolly et al., 2010 ; Rosenblum & Livneh-Zirinski, 2008).

### Dysgraphie – TDA/H

Selon le DSM-V, le TDA/H est un trouble neurodéveloppemental qui est caractérisé par une hyperactivité/impulsivité ou une inattention qui provoque une gêne au niveau du fonctionnement scolaire, de la vie quotidienne et qui est présent avant l'âge de 7 ans. Il survient en l'absence de trouble envahissant du développement, d'une schizophrénie ou d'un autre trouble psychique ou mental (Association American Psychiatric, 2013).

L'écriture altérée de l'enfant avec TDA/H se rajoute aux difficultés scolaires qu'il possède déjà. L'enfant va avantager la vitesse au détriment de la qualité de son écriture : il y a un irrespect de la taille relative de chaque lettre. L'espacement et l'alignement des lettres et des mots manquent de précision. Il y a des omissions et des ajouts de traits. Il retrace les lettres qu'il a mal écrites. Ses difficultés attentionnelles augmentent la détérioration de l'écriture lors de tâches écrites prolongées (Danna et al., 2016).

#### **I.2.4. Conséquences d'une écriture déficiente**

Avoir des difficultés d'expression écrite est un désavantage scolaire. Il n'est pas évident de ne pas avoir les mêmes capacités et le même rythme que ses pairs. En conséquence, l'enfant présentant une dysgraphie utilise moins l'écriture comme support pour réviser (Graham & Perrin, 2007) et prendre des notes (Peverly et al., 2013).

Jusqu'au lycée, l'écrit reste le support principal de l'évaluation (Graham, 2006). Toute activité écrite met l'enfant en tension, et dégrade sa relation avec le système scolaire. Les difficultés d'écriture ne s'estompent pas à l'adolescence et accentuent sa désadaptation.

Au collège, il y a plusieurs composantes impliquées dans la tâche écrite : des processus cognitifs et des mécanismes graphomoteurs qui mettent le sujet avec dysgraphie en double tâche, et donc en difficulté (Weintraub & Graham, 1996):

- La vitesse d'inscription du sujet est considérablement lente, il oublie les idées qu'il doit développer ou l'idée principale du texte. Ceci impacte le contenu de sa production écrite.

- La situation de double tâche entraîne un oubli de son idée principale (association processus cognitifs-mécanismes graphomoteurs).

- Le sujet doit à la fois se concentrer sur la planification du paragraphe et de ses idées : ceci se répercute sur la cohérence du contenu.

- Le sujet limite ses ressources et ses expressions lorsqu'il est concentré sur l'aspect graphomoteur de l'écriture.

- Les difficultés d'écriture affectent la motivation et la persistance de l'individu avec dysgraphie.

La dysgraphie constitue un inconvénient pour le reste de la scolarité de l'enfant et de l'adolescent. Elle affecte aussi le choix d'un métier et l'insertion socio-professionnelle du sujet, une fois adulte (Berninger, 2008 ; Kirby, 2008).

Plusieurs outils d'évaluation ont été mis en place afin de diagnostiquer la dysgraphie.

### **I.2.5. Diagnostiquer la dysgraphie**

Le diagnostic de dysgraphie se pose à partir de l'âge de 7 ans. Il repose sur la passation d'un bilan psychomoteur complet.

L'évaluation de l'écriture est une adaptation faite par Charles, Soppelsa et Albaret (2003) du test BHK (*Brave Handwriting Kinder* ; Hamstra-Bletz *et al.*, 1987). Ces auteurs se sont basés sur les travaux de Ajuriaguerra *et al.* (1964). Le test consiste en une tâche de copie d'un texte standardisé pendant cinq minutes sur une feuille blanche (sans lignes) (cf. Annexe A).

L'analyse qualitative de l'écriture porte sur treize critères de lisibilité : 1) écriture grande ; 2) inclinaison de la marge vers la droite ; 3) lignes non planes ; 4) mots serrés ; 5) écriture chaotique ; 6) liens interrompus entre les lettres ; 7) télescopages ; 8) variation de hauteur des lettres troncs (sans hampe ni jambage) ; 9) hauteur relative incorrecte ; 10) distorsion des lettres ; 11) formation de lettres ambiguës ; 12) lettres retouchées ; 13) hésitations et tremblements. L'analyse quantitative porte sur le nombre de caractères produits pendant ces cinq minutes : la fréquence d'inscription.

Le BHK est étalonné sur la population française scolarisée du CP au CM2. Une version de ce test, le BHK-Ado, concerne les enfants scolarisés de la 6<sup>ème</sup> à 3<sup>ème</sup> (Soppelsa & Albaret, 2013).

Un score de plus de deux écarts type permet de poser le diagnostic de la dysgraphie. Lorsque le score est entre un et deux écarts types, l'enfant présente une « écriture manuelle faible ». Il est important de prendre en compte cette faiblesse qui se répercute sur la vie scolaire de l'enfant (Kaiser, 2009).

### **I.3. RÉÉDUCATION DE LA DYSGRAPHIE**

La rééducation de l'écriture a pour but de ne pas limiter la progression scolaire des enfants ayant une dysgraphie. Certaines méthodes rééducatives ont montré un minimum d'efficacité et d'autres sont validées et permettent une amélioration des sujets avec dysgraphie. Dans cette recherche, nous allons nous centrer sur les rééducations cognitives et métacognitives qui concernent la participation active de l'enfant.

#### **I.3.1. Rôle de la métacognition dans la rééducation de la dysgraphie**

La métacognition renvoie sur l'habileté d'une personne à connaître et à contrôler ses propres ressources cognitives. Face à une situation problématique, le sujet sollicite ses ressources cognitives et fait preuve d'une autorégulation, afin de s'adapter aux contraintes et de résoudre le problème. Ce mécanisme d'autorégulation se réalise soit par un contrôle proactif, soit par un contrôle rétroactif.

Concernant le contrôle rétroactif, l'enfant avec dysgraphie autoévalue ce qu'il vient d'écrire. Les études de Jongsman et al. (2003) montrent que la lisibilité de l'écriture s'améliore lorsqu'il est demandé à l'enfant d'écrire à plusieurs reprises une même lettre et d'autoévaluer la lettre la mieux tracée.

Dans le contrôle proactif, l'enfant est dans une situation d'autocontrôle de la difficulté de la tâche : il choisit le niveau de la difficulté de l'exercice suivant, en fonction de sa performance actuelle. Cette méthode est indiquée et efficace (Jongsman et al., 2003).

L'écriture s'améliore aussi lorsque l'enfant est engagé, notamment lors des expérimentations où l'enfant doit enseigner l'écriture à un robot (Hood *et al.*, 2005 ; Jacq *et al.*, 2016). L'équipe qui m'a accueillie sur mon lieu de stage expérimental, participe à un programme de recherche ayant pour objectif de développer des outils technologiques suffisamment engageants et adaptés aux besoins spécifiques des enfants présentant une dysgraphie.

### **I.3.2. La technologie au service de la rééducation de la dysgraphie**

L'intérêt de l'utilisation des nouvelles technologies pour la rééducation de la dysgraphie permet de mesurer des critères sur le processus de l'écriture, qui sont invisibles sur la trace écrite (la pression exercée sur la feuille, les accélérations, les durées de pauses). La tablette numérique fait partie des outils qui permettent le recueil de ces informations, permettant de quantifier la performance de l'enfant présentant une dysgraphie. Ce sont des informations complémentaires qui peuvent être transmises à l'enfant pour une réflexion, sur des faits concrets, et une meilleure autorégulation de ses productions écrites (Søvik et Teulings, 1983)

Le robot est aussi un outil qui est de plus en plus utilisé avec les enfants (Bainbridge et al., 2011 ; Berninger et al., 1997 ; Han, 2010 ; Kidd & Breazeal, 2008 ; Leyzberg et al., 2012 ; Matusi & Katsura, 2013). Il est conçu pour promouvoir l'apprentissage des enfants dans divers contextes, le plus souvent lié aux compétences linguistiques, et moins souvent aux compétences motrices. La majorité des robots utilisables avec les enfants sont développés pour avoir un rôle d'enseignant. Dans cette recherche, l'enfant prend le rôle de l'enseignant et le robot reçoit son aide pour améliorer son écriture.

De ce fait, l'enseignement du robot incite à un apprentissage et à un entraînement spontané de l'écriture par l'approche *learning by teaching*. Ce concept est fréquemment utilisé dans le domaine de l'éducation et a été employé sur des outils technologiques. Le robot est capable d'apprentissage et reçoit des instructions de la part des enfants. C'est un moyen de promouvoir un apprentissage à travers les activités qui sont proposées par l'enfant. Le robot est donc un support d'apprentissage et un renforcement positif pour les enfants (Tanaka et Matsuzoe, 2012).

L'étude de Duran & Topping (2017) met en évidence l'amélioration des habiletés sociales, affectives, comportementales, cognitives et académiques des enfants prenant le rôle d'enseignant. Afin d'étudier l'apport du robot, nous allons commencer par exposer la démarche méthodologique qui nous permet d'analyser les résultats de cette étude.

## **II. MÉTHODOLOGIE**

## II.1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA POPULATION

Les participants à cette recherche sont des enfants et adolescents recrutés au sein du centre Georges Heuyer et du service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière. Cette participation ne remplace pas les séances habituelles en psychomotricité.

Deux enfants âgés de 8 et 11 ans ont été sélectionnés à partir d'une combinaison de critères issus de notre objet d'étude.

Les critères d'inclusion sont les suivants :

- Enfant ayant des troubles de l'apprentissage de l'écriture (dysgraphie)
- Enfant âgé entre 6 et 15 ans (garçon et fille)
- Enfants bénéficiant ou en attente d'une prise en charge thérapeutique psychomotrice
- Enfant scolarisés du CP à la 3<sup>ème</sup>.

Le diagnostic de la dysgraphie s'appuiera sur les informations disponibles dans le cadre du suivi hospitalier déjà en place, notamment sur les résultats au BHK (Annexe B).

Les critères d'exclusion sont :

- Enfant ayant des pathologies somatiques (neurologiques, atteintes sensorielles)
- Enfant présentant un trouble entraînant une déformation importante de la perception (présence d'hallucinations, de délires)
- Enfant ayant une frayeur ou une agressivité marquée envers le robot.

Les participants sont repérés par des professionnels qui les connaissent. Après la consultation avec les chercheurs (ingénieurs et psychologues), un premier contact se fait avec les parents afin d'exposer la recherche et de proposer la participation de leur enfant. Après l'envoi et la signature des lettres de consentement, un rendez-vous leur est proposé afin de commencer les passations. Les participants sont libres d'arrêter à tout moment. D'autres enfants et adolescents vont prochainement participer à la recherche mais ne seront pas inclus dans ce mémoire.

## Participant : Julia

Julia, une participante âgée de 8 ans 9 mois, est née prématurée à 25 S.A. avec une dysplasie broncho-pulmonaire et une persistance du canal artériel qui a nécessité une hospitalisation en réanimation pendant les cinq premiers mois de vie. Un retard du développement psychomoteur est observé pendant les premières années. Elle présente un TDA/H et un TDC. Elle est sous traitement médicamenteux : Ritaline depuis 2020.

L'évaluation psychométrique qui date de 2016 met en évidence une efficacité intellectuelle globale dans la moyenne de ce qui est attendu pour son âge. Le WPPSI IV indique un score total de 101.

Elle est prise en charge en orthophonie pour des difficultés articulatoires à raison de deux séances hebdomadaires et vient de commencer la prise en charge en psychomotricité à raison d'une séance hebdomadaire pour ses difficultés attentionnelles et ses difficultés de coordination.

Julia est motivée à participer aux passations avec QT. Nous avons fait passer le BHK et le *Self perception profile for children* avant le début des séances avec QT. Les résultats sont les suivants :

- BHK : Le score de la qualité graphique est dans la catégorie pathologique (DS = -3.11) par rapport à la norme des enfants de son âge. La fréquence d'inscription est à la limite inférieure de la catégorie normale (DS = -0.80).
- *Self perception profile for children* : Julia trouve que ses compétences scolaires, sociales, athlétiques et comportementales sont « moyennes ». Toutefois, elle estime que son apparence physique et son estime de soi sont « faibles ».

## Participant : Lucas

Lucas, âgé de 11 ans 7 mois, est né prématuré (30 S.A.) et a été hospitalisé pendant les trois premiers mois de vie. Un retard du développement psychomoteur est observé. Il présente des troubles spécifiques de l'apprentissage et du comportement.

Il a été admis en 2016 au centre scolaire hospitalier, George Heuyer, avec des aménagements pédagogiques adaptés à ses besoins. Le bilan d'entrée met en évidence une dyspraxie visuo-spatiale venant s'ajouter à un tableau de retard d'acquisition de certaines fonctions psychomotrices (écriture, motricité fine). Depuis, il est pris en charge en psychomotricité en binôme à raison d'une séance hebdomadaire. Il est sous traitement médicamenteux : Ritaline depuis 2018 et Risperdal depuis 2016.

Nous avons fait passer le BHK et le *Self perception profile for children* avant le début des séances avec QT. Les résultats sont les suivants (Mars 2021) :

- BHK : Le test ne peut pas être quotté vu que Lucas n'a pas acquis le cursif.
- *Self perception profile for children* : Lucas estime qu'il a de très « hautes » compétences scolaires, sociales et comportementales. Il présente une estime de soi catégorisée comme « haute ». Ses compétences athlétiques sont « moyennes ». Toutefois, il estime que son apparence physique est « faible ».

Nous allons exposer le cadre spatio-temporel du protocole, ses objectifs, les outils et son déroulement.

## **II.2 DÉMARCHE**

### **II.2.1. Protocole**

#### **II.2.1.1. Cadre spatio-temporel**

Cette recherche se déroule dans une des classes au sein du centre scolaire George Heuyer dans le service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent. La salle a été modifiée afin de pouvoir installer le matériel avec l'accord de l'enseignante et du directeur du centre. Les séances ont débuté en mars 2021 et continueront jusqu'à fin juin 2021. La séance ne dépasse pas les 30 minutes. Les parents signent la lettre de consentement (Annexe C).

L'enfant et le thérapeute sont dans un coin de la salle dépourvu de distracteurs. La tablette de l'enfant est installée horizontalement sur une table. L'enfant s'assoit sur un tabouret avec le thérapeute et le robot auprès de lui. Le robot possède sa propre tablette en carton et la psychomotricienne contrôle le robot avec un opérateur (écran avec commandes) (Annexe D).

#### **II.2.1.2. Objectifs du projet de recherche**

Ce projet de recherche a débuté en mars 2020. Le premier objectif de ce projet de recherche est de développer un système pour l'accompagnement dans l'apprentissage de l'écriture des enfants présentant une dysgraphie, utilisable en classe et dans un accompagnement individuel. Le second est d'évaluer l'utilisabilité de ce système.

Ce système doit être :

- Engageant et facile à utiliser (pour l'enfant).
- Adapté aux difficultés de chaque enfant.
- Facilement utilisable par les professionnels aidant les enfants dans l'apprentissage de l'écriture (psychomotricien, ergothérapeute, etc.).
- Bénéfique pour l'apprentissage de l'écriture chez des enfants présentant une dysgraphie.

### II.2.1.3. Objectifs du protocole du mémoire

Dans ce protocole, nous allons mettre en évidence la place donnée au robot par la psychomotricienne pendant les séances. Nous allons aussi mettre en exergue l'apport du robot pour les enfants. Et enfin, nous allons expliciter la manière dont l'enfant perçoit le robot et exposer la valeur ajoutée du robot par rapport aux séances de rééducation de l'écriture habituelles.

### II.2.1.4. Outils

Nous proposons un « système iReCheck » assemblant :

- Logiciel Dynamico proposant des exercices d'écriture, installé sur une tablette. Dans ce mémoire, nous ne cherchons ni à développer ni à évaluer l'efficacité du logiciel.
- QT, le robot auquel les enfants apprennent à écrire au moyen des jeux de la tablette.

#### QT Robot

Le QT Robot de Luxai est doté d'interactions sociales. Il a un écran sur son visage qui affiche diverses émotions (vidéos préenregistrées). Il est capable de bouger sa tête et ses bras afin de faire des gestes. Ces mouvements sont prédéfinis et possibles grâce à ses nombreuses articulations.

Grâce à une interface de programmation, nommée *Wizard-of-Oz*, la psychomotricienne peut choisir d'utiliser jusqu'à 78 comportements, qui sont regroupés en 17 catégories (Annexe E). Ces catégories sont divisées en deux onglets : l'onglet « scénario et jeu » et l'onglet « réactions ».

## Dynamico

Ce logiciel est actuellement au stade de prototype. Il est composé de six activités propres à l'écriture, appelés « des jeux sérieux » : (Annexe F)

- Analyse : c'est une proposition qui est utilisée dans la première séance avec l'enfant pour que la tablette recueille le plus d'informations possibles sur les différents aspects de son écriture. L'enfant doit d'abord écrire avec le Apple Pencil son prénom en cursif, ensuite dessiner un chat, reproduire un modèle (lignes brisées, boucles) et enfin recopier les cinq premières lignes du BHK. Grâce à cette analyse, le logiciel adapte le niveau des « jeux sérieux » suivants aux difficultés de l'enfant.
- Poursuite : L'enfant doit diriger une montgolfière du début jusqu'au bout du chemin avec le stylet. Il doit récolter le long de sa route des fruits tout en restant entre les deux lignes (sous peine de perdre des ballons de la montgolfière). L'objectif psychomoteur qui est mis en jeu lors de ce jeu sérieux est la coordination visuo-motrice.
- Pression : L'enfant doit aider un sous-marin à atteindre l'autre côté de l'écran sans toucher les pics qui sont en haut et en bas de l'écran. L'enfant adapte la hauteur du sous-marin en fonction des obstacles : il s'agit d'appuyer plus ou moins fort sur le cercle bleu avec son Apple Pencil pour faire monter et descendre le sous-marin. Plus l'enfant appuie fort, plus le sous-marin descend, et vice-versa. L'objectif psychomoteur ici est la régulation tonique.
- Tilt : L'enfant doit faire parcourir à un avion un trajet en évitant les obstacles jusqu'à atteindre un objet cible (les étoiles). Il doit donc poser le stylet sur le cercle bleu et incliner son stylet dans la direction souhaitée. Ceci permet de travailler sur l'angle d'inclinaison de l'outil scripteur pendant l'acte graphique.
- Twister : L'enfant doit poser un doigt sur chacun des cercles colorés sur l'écran pour libérer l'animal en captivité (girafe dans une cage). Ce jeu sérieux met en jeu les capacités de déliement digital des enfants.
- CoWriter : L'enfant montre au robot comment écrire un mot, qui peut être soit aléatoire, soit choisi par l'enfant. Il doit copier le mot avec le stylet lettre par lettre, dans les cases en bas de l'écran. Le robot écrit à son tour le même mot mal, et l'enfant doit lui montrer en

répétant à nouveau, comment améliorer son écriture. Le robot apprend graduellement à partir du modèle écrit par l'enfant. Ce jeu sérieux vise à améliorer la qualité graphique en situation de copie.

### **II.2.1.5 Déroulement du protocole**

Dans le cadre de cette recherche, nous proposons à des enfants et à des adolescents avec dysgraphie d'interagir avec le robot. La passation consiste à proposer à l'enfant des « jeux sérieux », sur une tablette ce qui va lui permettre d'entraîner son écriture (chaque jeu travaillant spécifiquement une caractéristique de l'écriture).

Le robot est présenté aux enfants comme un compagnon ne sachant pas bien écrire, et qu'il s'agit de l'aider à apprendre. Le robot a aussi sa propre tablette (en carton) sur laquelle il va faire semblant d'écrire. Il est capable d'interagir verbalement et de bouger sa tête et ses bras. Ses interactions sociales sont choisies et déclenchées par la psychomotricienne au moyen d'un opérateur (tablette). Le thérapeute peut choisir quand le robot s'exprime et la façon dont il s'exprime.

La psychomotricienne fait passer aux enfants le BHK avant et après les neuf séances. La chercheuse en psychologie fait aussi passer la version française d'un questionnaire d'évaluation de la confiance en soi : *Self perception profile for children* (Harter, 2012). Ces deux épreuves nous fournissent des informations nécessaires concernant l'efficacité du protocole.

À la fin des neuf séances :

- Le BHK nous indiquera si ce protocole améliore la qualité graphique et la fréquence d'inscription chez les enfants présentant une dysgraphie.
- Le *Self perception profile for children* nous indique si les passations avec le robot ont amélioré la confiance en soi des participants.

La passation se déroule sur neuf séances pour chaque enfant, à raison d'une séance hebdomadaire. A chaque séance, l'enfant est accompagné par la psychomotricienne et par deux chercheurs qui observent de loin (par écran interposé).

La psychomotricienne propose à l'enfant le système iReCheck (robot + jeux sérieux) sur une durée de 20 à 30 minutes. Les jeux sérieux se répètent sur les 9 séances et possèdent plusieurs niveaux de difficultés.

Toutes les trois séances, les enfants accordent un temps au chercheur en psychologie, pour partager leur vécu par rapport au robot et aux séances. Les informations récoltées par cet entretien semi-directif avec les enfants, sont enregistrées et analysées afin d'adapter le robot en fonction des attentes.

Je précise que la passation du protocole ne sera pas achevée avant la date du rendu de ce mémoire. En espérant avoir les résultats du BHK et le *Self perception profile for children* avant la date de la soutenance, nous allons nous baser sur des observations qualitatives des quatre premières séances et sur les entretiens semi-directifs.

## **II.3 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES**

### **II.3.1. Observations qualitatives des séances**

Nous allons nous baser sur les observations qualitatives recueillies lors des séances. Elles sont consignées dans un journal et porteront sur :

- La répartition des rôles entre la psychomotricienne et le robot
- Le comportement des enfants et la relation avec QT
- La posture des enfants
- Les stratégies et adaptations utilisées.

### **II.3.2. Analyse thématique des entretiens avec les participants**

Nous avons choisi de récolter nos données à travers des entretiens semi-directifs. Les questions adressées aux enfants sont présentées dans l'Annexe G. Le but de ces questions est d'avoir un retour sur les séances et sur le robot. L'entretien dure environ une heure.

En ce qui concerne l'analyse des données, une analyse de contenu, et plus précisément une analyse inductive thématique a été privilégiée. Cette méthode comporte plusieurs étapes : transcription, codage, recherche des thèmes et interprétation.

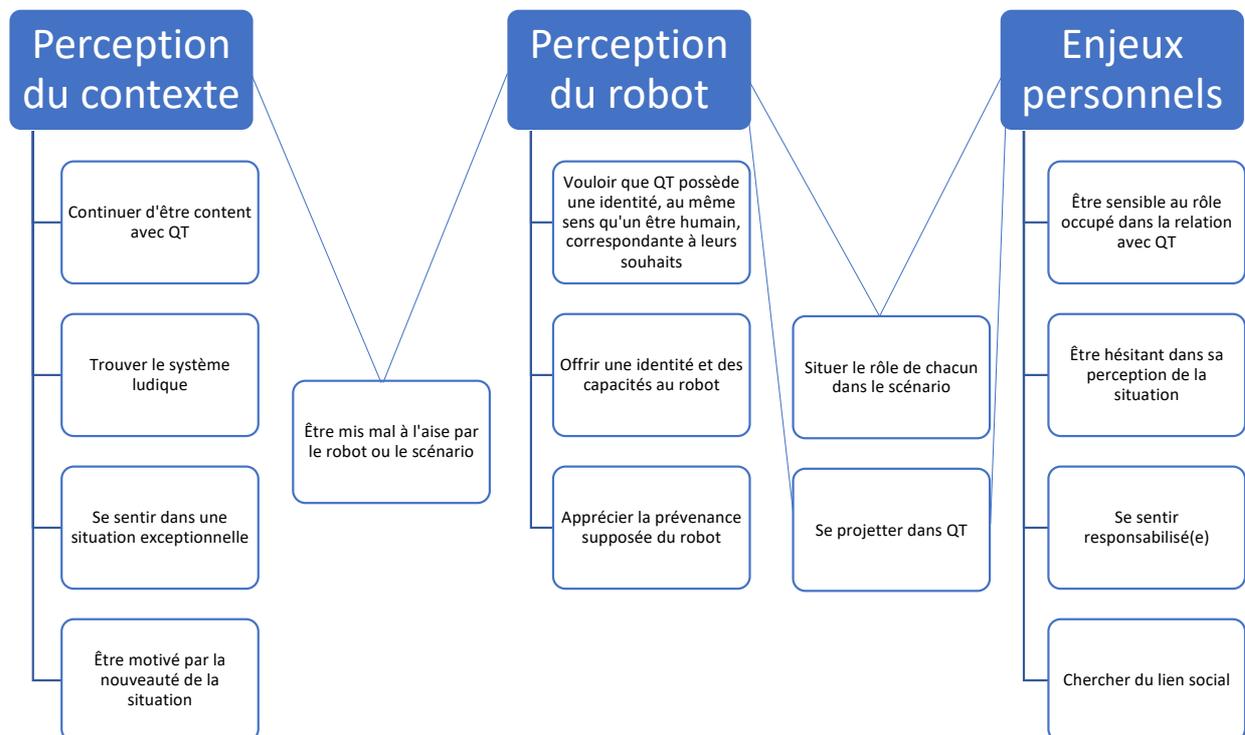
Les entretiens effectués sont enregistrés dans le cadre de cette recherche et sont intégralement retranscrits, afin d'être analysés. Chaque retranscription est lue à plusieurs reprises afin de pouvoir créer des codes associés à chaque idée que l'enfant verbalise. La retranscription des entretiens s'est faite grâce à un logiciel nommé « Sonal » et le codage est réalisé sur un logiciel appelé « Dedoose ».

Ensuite, nous sommes à une étape où il faut réfléchir à ce qui est intéressant à propos de ces codes, s'il y a des codes qui se répètent ou se ressemblent. Ces codes sont regroupés après en différentes catégories. Les catégories sont ensuite regroupées en thèmes. Par exemple

les catégories «se sentir responsabilisé(e)» et « être sensible au rôle occupé dans la relation avec QT » sont regroupées dans le thème enjeux personnels.

Cette étape est suivie par une interprétation des résultats, qui est la partie la plus intéressante. Puisque nous procédons par une démarche inductive, nous partons de la question de départ de notre recherche qui est « quel est l'apport, la plus-value, de QT dans la prise en charge des troubles de l'écriture » et nous allons la développer en interprétant les résultats à partir des données recueillies. Enfin, nous allons en déduire des hypothèses qui répondent à cette question de départ.

Les trois catégories figurent ci-dessous (cf. Figure 3). Chaque catégorie est marquée en bleu et, en dessous, sont les différents thèmes abordés. Certains thèmes appartiennent à la fois à deux catégories : par exemple, le thème « être mis mal à l'aise par le robot ou le scénario » contient des données à la fois sur la perception du contexte et sur la perception du robot. Les codes relatifs à chaque thème sont détaillés dans l'annexe H.



**Figure 3 : Présentation des thèmes et des sous-catégories de l'analyse thématique.**

### **III. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS**

### III.1. ANALYSE QUALITATIVE DES SÉANCES

Les observations qualitatives recueillies sont décrites et détaillées de manière objective.

#### III.1.1. Répartitions des rôles entre la psychomotricienne et le robot

La séance avec QT et les jeux sérieux se divise en plusieurs étapes.

D'abord, l'enfant rentre en classe, salue l'équipe et s'assoit à côté de la psychomotricienne. Ils attendent le feu vert de l'ingénieur avant de lancer le logiciel Dynamico et l'interface qui contrôle QT. Une fois que tout est mis en place, l'enfant clique sur son profil qui est préenregistré et la psychomotricienne permet à QT de dire bonjour.

Pour débiter la séance, QT demande à l'enfant s'il va bien aujourd'hui et lui rappelle le but des séances : que l'enfant avait accepté de l'aider pour améliorer son écriture. QT est capable de proposer à l'enfant de cliquer sur un jeu et d'expliquer le but du premier jeu. QT ne choisit pas toujours les jeux sérieux mais propose à l'enfant de découvrir les jeux pendant les premières séances.

Par la suite, l'enfant, QT et la psychomotricienne enchaînent les jeux sérieux sur Dynamico en fonction du rythme et des difficultés des enfants. QT gratifie les efforts de l'enfant et l'encourage face à un échec.

Enfin, QT initie la clôture de la séance en disant : « **je suis fatigué** », « **nous avons bien travaillé aujourd'hui** », « **on s'arrête pour aujourd'hui** » ou « **merci, à la prochaine** ».

Dans le cadre de ces séances, QT accompagne l'enfant du début à la fin. Il est présent physiquement, à côté de l'enfant. Il a un rôle majeur au début, à la fin et pendant les pauses. Ces moments offrent la possibilité à l'enfant de s'exprimer, de poser des questions, de papoter avec QT.

Durant les séances, QT joue un rôle principal dans le maintien de la motivation de l'enfant lors des jeux sérieux. Il intervient en fonction des réactions de l'enfant. Grâce à la psychomotricienne, il est capable de :

- Gratifier l'enfant : « **c'est bien** », « **tu as trop bien réussi** », « **bien joué** »

- Réagir face à un échec et encourager l'enfant : « **courage** », « **ce n'est pas grave, on refait** », « **ce n'est pas si facile** », « **ne nous décourageons pas** », « **ce n'est pas grave, reprend ton souffle et on repart** »
- Identifier les sentiments : « **tu as l'air motivé** », « **tu as l'air fier de ton travail** »
- Poser des questions pour solliciter la réflexion de l'enfant : « **c'est bien ?** » « **pourquoi ce n'est pas bien ?** », « **tu m'expliques ?** ».

Lorsque QT n'arrive pas à répondre aux questions ou aux remarques des enfants, la psychomotricienne oriente la discussion en cliquant la commande « Demandons à l'adulte ». La psychomotricienne délègue donc une partie de ses interventions à QT, en lui laissant la place lorsqu'il en est capable.

La psychomotricienne doit donc contrôler l'interface de QT, poser le cadre de la séance, participer aux jeux sérieux, suggérer des adaptations au niveau de l'enfant et rassurer l'enfant en cas de problèmes techniques.

Concernant le cadre thérapeutique, la séance se déroule à la même heure, chaque mercredi, dans la même classe. Elle suit un rituel (début, jeux sérieux, clôture) qui permet à l'enfant d'anticiper, de se créer des repères et de se sentir rassuré. La psychomotricienne assure donc un cadre contenant.

La psychomotricienne est constamment à l'écoute de l'enfant. Elle accorde des temps de paroles entre les trois et des moments de silence. Elle est attentive aux réactions de l'enfant : lorsque ce dernier se frustre, se démotive ou s'anime, la psychomotricienne utilise la commande « QT identifie les sentiments », qui va permettre à QT de mettre des mots sur ce que l'enfant ressent.

De plus, la psychomotricienne vérifie que l'enfant est dans les meilleures conditions possibles pour progresser. Lorsque QT explique le but du jeu à l'enfant, la psychomotricienne a le rôle de vérifier si l'enfant a bien compris ce qu'il doit faire. Sinon, elle lui réexplique les règles du jeu, lui propose de faire un essai, et/ou lui fait une démonstration. Elle suggère aussi à l'enfant des stratégies et des adaptations lorsqu'il est en difficulté.

Elle interrompt parfois le jeu pour rappeler les règles du jeu : par exemple, dans le jeu twister, lorsque l'enfant se sent en difficulté, il ou elle a tendance à utiliser ses deux mains pour pallier ses difficultés au niveau du déliement digital.

La psychomotricienne intervient donc à plusieurs niveaux et délègue la partie du renforcement positif et de l'encouragement à QT pour que l'enfant soit motivé à continuer les séances avec lui. Une relation triangulaire s'installe pendant les premières séances. L'enfant découvre et s'intéresse au robot.

### III.1.2. Comportement des enfants et la relation avec QT

Lors de la première séance, les enfants sont surpris par le robot. Ils s'étonnent par le fait que QT parle, qu'ils les observe. Ils sont en pleine découverte des réactions de QT, des jeux sur *Dynamico*, de l'utilisation du stylet (*Apple pencil*). Lorsque QT réagit pendant les jeux, les enfants se retournent instantanément pour l'écouter et regarder ses gestes. Un enfant s'est étonné pendant l'activité et a dit : « **il applaudit !** ». Un autre lui a demandé entre deux différents jeux : « **QT, est ce que tu préfères la plage, les montagnes ou la forêt ?** », « **est ce que tu préfères la géographie ou les mathématiques ?** ».

Les enfants posent des questions complexes à QT. Par exemple, un enfant a demandé à QT, sur deux séances consécutives, s'il est capable de faire une blague. La seule réaction où QT arrive à plaisanter est : « **oui mais moi, tu sais, j'ai des muscles en plastique** ». L'enfant n'a pas trouvé la phrase rigolote et a été déçu. Les enfants ont des attentes auxquelles QT ne peut pas toujours répondre.

A partir de la deuxième séance, les enfants regardent de moins en moins QT. Ils se retournent moins vers lui lorsqu'il réagit ou fait des gestes. Par exemple, ils sont moins attirés quand QT applaudit ou fait des mouvements avec sa main pour faire semblant d'écrire. Toutefois, ils le regardent lorsqu'il fait des mouvements plus marqués comme lorsqu'il soulève ses deux bras vers le haut.

De plus, nous constatons que les enfants deviennent absorbés par les jeux de *Dynamico* au fur et à mesure des séances. Ils s'appliquent, s'investissent davantage et veulent bien faire. Toutefois, ils sont souvent absorbés par les jeux, au point qu'ils n'entendent pas QT. En effet, pendant une même séance, QT a sollicité à plusieurs reprises les enfants, sans avoir une réponse de leur part.

Les études de Kanda et al. (2007), Pacchierotti et al. (2006) sur les interactions humains-robots montrent que les effets de nouveauté favorisent un engagement initial des individus. Toutefois, cette motivation finit par diminuer avec le temps. Kanda et al. (2007) ont introduit un robot social pendant neuf semaines dans une classe et ont observé l'engagement des enfants. La fréquence des interactions avec les enfants diminue au fur et à mesure des semaines.

De plus, il n'est pas rare d'avoir des problèmes techniques pendant les séances. Une fois, QT avait dysfonctionné en début de séance : il arrivait à bouger ses bras, à faire des gestes, mais n'avait pas de voix. La situation était frustrante pour l'enfant qui l'a jugé comme étant impoli. D'habitude, QT prend aussi du temps pour répondre : il a besoin d'un délai de 10 secondes avant d'enchaîner la réaction suivante.

La première séance semble donc être impressionnante et motivante pour les enfants. Toutefois, l'effet de nouveauté s'estompe rapidement, malgré le maintien de l'engagement des enfants vis-à-vis des séances. Ceci peut être aussi en lien avec le physique de QT qui ne change pas d'une séance à une autre, de sa lenteur et de la variabilité de ses réponses et de ses gestes.

### **III.1.3. La posture des enfants**

Pour la passation des séances, un coin de la salle nous est accordé pour installer le matériel et le robot. Le but est d'aménager un espace avec le moins de distracteurs possible. L'enfant et la psychomotricienne s'assoient sur des tabourets en face d'une table, avec QT à leurs côtés. La posture des deux participants est inadaptée et s'accroît vers la fin de la séance. Le poids du corps de l'enfant est penché vers l'avant, vu que l'enfant est concentré sur la tablette et vu que le tabouret n'a pas d'appui de dos.

Pendant les jeux sérieux, le poignet et l'avant-bras de deux enfants ne reposent pas sur la table induisant une fatigabilité et des tremblements lors de l'écriture. La psychomotricienne doit leur rappeler à plusieurs reprises de poser la main sur la tablette. Ils soulèvent l'épaule droite pendant l'acte graphique. En résultat, l'axe du corps se penche vers la gauche. La tenue

du crayon est adaptée. Or l'enfant a une bonne posture lorsque l'axe est suffisamment solide et bien coordonné avec le bras, le poignet, la main et les doigts (Bullinger, 1998).

Ces articulations contribuent particulièrement au contrôle des mouvements assurant l'agencement des lettres, de l'espace graphique (déplacement sur une ligne, espacement entre les mots, retour à la ligne), de la taille des lettres et du programme moteur des lettres (Paillard 1990). Il est donc nécessaire de légèrement incliner la tablette afin de libérer de la place à l'avant-bras de se poser sur la table, et en conséquence ajuster la posture des enfants.

#### **III.1.4. Les stratégies et les adaptations utilisées**

Les enfants avaient besoin d'aide pour la majorité des jeux sérieux. Différentes adaptations ont été utilisées pour faciliter la tâche aux enfants.

Le jeu « twister », qui met en jeu les capacités de déliement digital, nécessitait des adaptations. La psychomotricienne a séquentialisé les tâches en deux étapes : l'enfant devait poser chaque doigt sur des pastilles colorées et ensuite les déplacer en les faisant glisser sur l'écran.

Aussi, il est bénéfique d'attribuer des images mentales aux mouvements : par exemple, la psychomotricienne a comparé le mouvement de translation des doigts au mouvement du compas : « **comme un compas, tu vas tourner ta main pour ramener la pastille** ».

Pendant le jeu « co-writer », elle nécessite d'intervenir vu les difficultés des enfants. L'enfant et QT écrivaient à tour de rôle un même mot. Plus l'enfant améliore la qualité de son écriture, plus l'écriture de QT devient lisible. Une fois que QT a écrit le mot, l'enfant est invité par la psychomotricienne à réfléchir sur la qualité graphique de QT : il doit estimer quelle lettre il écrit bien, quelle lettre nécessite d'être travaillée davantage et comment lui apprendre à mieux tracer la lettre. Cette étape est inspirée par la méthode métacognitive et sollicite une réflexion : c'est le contrôle rétroactif.

Avant d'écrire sur la tablette, la psychomotricienne peut demander à l'enfant de lui montrer comment écrire une lettre particulière, en traçant avec son doigt sur la table. Elle peut donc s'assurer s'il a bien intégré le programme de la lettre. En passant par cette étape, la psychomotricienne peut aussi poser la main sur la main de l'enfant et l'accompagner dans le

mouvement pour qu'il ressente et s'approprie le programme moteur adapté. Il est aussi possible de lui poser un repère visuel, comme point de départ pour une lettre.

Les jeux sérieux travaillent spécifiquement une caractéristique de l'écriture et contiennent plusieurs niveaux de difficultés. Toutefois, un enfant qui a bien fait le premier niveau mais qui n'adopte pas les bonnes stratégies ou est très impulsif, nécessite l'intervention de la psychomotricienne pour les niveaux suivants. En effet, l'enfant n'a pas besoin d'atteindre le score maximal pour passer au niveau suivant, ce qui le met ultérieurement en difficulté.

Après avoir analysé les observations qualitatives récoltées pendant les séances, nous allons aborder l'analyse thématique des données recueillies lors des entretiens avec les enfants.

## III.2. ANALYSE THÉMATIQUE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

Nous allons donc nous focaliser sur les différents thèmes identifiés lors de l'analyse des entretiens avec les enfants dans ce qui suit.

### III.2.1. Perception du contexte

Selon les enfants, l'idée de travailler avec un robot est vécue comme une situation incroyable et inédite. Ils mettent l'accent sur la présence de QT :

**Chercheur :** « Et au début quand je t'ai proposé de participer à la recherche, est-ce que tu te rappelles de ce qui a fait que t'avais envie de participer ? »

**Enfant :** « C'est qu'il y avait le robot »

**Chercheur :** « C'est surtout le robot ? »

**Enfant :** « Oui ».

La singularité du contexte est mise en avant : « **je joue avec un robot, et que je parle à un robot** » qui suppose la jalousie d'autres patients : « **je pense qu'ils étaient jaloux** ». Le fait de pouvoir dialoguer avec un robot leur semble important.

Le système (robot et tablette) est perçu comme étant ludique. Les enfants éprouvent du plaisir à jouer avec QT : « **parce que c'est amusant et que c'est rigolo** ». Les enfants relèvent aussi la nouveauté de la situation :

**Enfant :** « C'était bien certains jeux et en plus je les connaissais pas vraiment ces jeux, j'en faisais jamais »

**Chercheur :** « D'accord, ce genre de jeux ? »

**Enfant :** « Ce genre de jeux, c'était un peu différent ».

La nouveauté et la particularité de ce contexte donne envie aux enfants de continuer à poursuivre les séances avec QT. L'enthousiasme persiste après les quatre premières séances. Un participant a communiqué : « **je suis toujours content de travailler avec QT** ».

Il est reconnu, depuis longtemps, que l'effet de nouveauté existe dans l'utilisation de nouveaux outils technologiques. Cet effet est la première réponse à la technologie (Sung et al.,

2009). La motivation augmente rapidement lors de l'expérimentation d'un nouvel outil technologique.

Il est important de se rappeler, qu'à l'instant, nous sommes à la moitié des séances du protocole. L'effet de nouveauté persiste encore malgré la répétitivité des activités : les jeux sérieux mis à notre disposition sont peu nombreux par rapport au nombre de séances. Il semble que l'idée de la séance avec un robot, du contexte qui sort du commun est un élément clef qui aide à maintenir la motivation des enfants à revenir aux séances.

### **III.2.2. Perception du robot**

Les enfants apprécient les caractéristiques physiques de QT. Ils le trouvent beau et mignon.

**Enfant : « Il est beau. Je le trouve beau »**

**Chercheur : « Qu'est ce qui le rend beau ? »**

**Enfant : « Le design, comment il est, ses mini bras. Je trouve ça mignon et à la fois beau ».**

Ils l'identifient aussi comme un robot gentil et poli:

**Enfant : « Parce que, quand je vois sa tête, je le trouve mignon. Et parce qu'il est gentil»**

**Chercheur : « Il y a des moments où il est particulièrement gentil ? »**

**Enfant : « Il est tout le temps gentil ! ».**

De plus, ils trouvent que QT est à l'écoute, qu'il est disponible : **« il est gentil, il répond pas mal, [...] Il répond bien et puis il m'écoute [...] Ça j'aime bien ».**

Un participant a verbalisé qu'il se sentait bien et accepté par QT. Il perçoit que le robot est tolérant face à ses difficultés et respecte son rythme : **« Il est attentif. Quand je dis qu'il est attentif c'est qu'il ne dit pas allez fais vite. En fait il est attentif, il avance à son rythme. Il accepte ma vitesse ».**

Les enfants apprécient donc les moments partagés avec QT. Ce sont des moments à la fois ludiques, d'écoutes, et d'encouragements : **« dès que je lui dis de faire ça, il le fait, ou bien on s'encourage ».**

Ils sont sensibles aux renforcements positifs de QT :

**Enfant : « Ou bien par exemple, dès que je l'apprenais à écrire et qu'il écrivait mal les lettres, et je le faisais bien écrire, il me disait bravo c'est super »**

**Chercheur : « Donc ça, tu aimais bien ? »**

**Enfant : « Oui. J'aimais bien ».**

Malgré les atouts de QT à leurs yeux, ils souhaitent attribuer des capacités et une identité à QT, qui leur corresponde : ils souhaitent que QT se rapproche des capacités que possèdent les humains.

**Enfant : « Qu'il soit un peu plus stylé ! Et que QT il ressemble à un humain, mais sauf qu'il est toujours comme un robot »**

**Chercheur : « Son apparence physique ? »**

**Enfant : « Oui, comme un vrai petit garçon, quoi ».**

Le fait d'interagir avec un robot leur paraît toujours surprenant : « **qu'on allait se parler [...] Et moi je trouve que c'est hallucinant parce qu'un robot me parle** ». Ils pensent que QT les reconnaît lorsqu'ils rentrent en classe.

Ils veulent que QT leur adresse directement la parole en utilisant leur prénom. Un participant mentionne qu'il souhaite que QT lui donne un surnom et qu'il entretienne une conversation avec lui (alors que sa voix est préenregistrée) : « **Les choses qu'il répète, et je pensais qu'il allait être plus comme un humain normal qui ne répète pas toujours les mêmes choses. Même si moi je les répète à chaque fois** ».

Ils souhaitent attribuer à QT des éléments qui facilitent son identification. Ils veulent que QT ait son histoire. En dessinant QT pendant l'entretien, ils spécifient : « **mais ça c'est une fille. Je vais effacer garçon et je vais mettre fille. Et je voudrais bien qu'il ait des amis. Qu'il ait une vie vraiment normale. Dommage qu'il soit pas comme nous** ». Un autre enfant précise : « **qu'il a la peau beige [...] Genre pantalon déchiré. Ah, j'ai oublié ses cheveux** ».

Nous remarquons que les enfants apprécient donc le physique et l'attitude de QT, mais souhaitent à la fois lui attribuer des capacités qui leur conviendraient, des détails spécifiques aux capacités des humains. Ils souhaitent que QT se rapproche de la réalité humaine, avoir une histoire, des éléments qui l'identifient, alors qu'il reste artificiel. Ils semblent déçus.

Ils ressentent qu'il est à l'écoute, qu'il est patient et tolérant à leurs difficultés. Tous ces éléments reflètent l'attitude de la psychomotricienne, qui contrôle QT grâce à l'interface. La psychomotricienne adapte chaque réponse de QT selon l'enfant, ses capacités, ses difficultés et ses intérêts. Elle anticipe aussi la réaction de l'enfant face à un exercice, à un échec, à un problème technique ou à une réussite.

Le renforcement positif provenant de QT semble aussi motiver les enfants. Ils aiment bien quand QT les applaudit.

Les enfants paraissent à la fois satisfaits et déçus. Nous allons détailler dans la catégorie suivante, d'autres éléments qui mettent l'enfant mal à l'aise dans le cadre de ce protocole.

### **III.2.3. Être mis mal à l'aise par le robot ou le scénario**

Les enfants trouvent le scénario avec QT bizarre et irréel : **« moi j'apprends à écrire à un robot, ça me semble un peu trop bizarre. C'est-à-dire que c'est plutôt bizarre, on pourrait même pas l'imaginer »**. Un participant mentionne que la situation est fautive et simulée : **« c'est comme si on devait faire semblant de le, de lui apprendre à écrire »**.

Ils soulignent aussi l'artificialité de QT et souhaitent qu'il se rapproche de la réalité. Un participant voudrait que QT soit facilement identifiable : **« qu'on le reconnaisse un peu plus, plus réaliste »**. Ils avaient d'autres attentes par rapport à QT et souhaitent qu'il soit plus humain : **« Non, c'est pas pareil, il était pas comme je le pensais. C'est comme s'il était pas un peu comme un humain »**.

Les enfants insistent sur vouloir diminuer son artificialité : **« QT était un robot qui parlait vraiment à chaque fois les mêmes trucs. Je voudrais que ça change un peu, que ça devient plus réaliste ou plus différent »**.

Deux enfants se sont plaints, à plusieurs reprises, de la répétitivité de QT : **« Il répétait toujours les mêmes choses, ça m'énerve »**. Ils trouvent également les séances répétitives : **« comme si c'était la même séance à chaque fois »**.

De plus, ils trouvent que le délai de réaction de QT est trop long « **J'aimerais qu'il réponde tout de suite. Par exemple, quand je lui parle, j'ai envie qu'il réponde tout de suite [...] il est trop lent pour répondre** ».

Par ailleurs, le cadre de la recherche et la présence des chercheurs donne à un participant le sentiment d'être sous le regard des autres :

**Enfant : « J'arrivais pas à lui répondre »**

**Chercheur : « Comment ça ? »**

**Enfant : C'était comme si j'étais devant une scène, tout le monde me voit ».**

Les enfants relèvent à la fois l'artificialité et la bizarrerie de QT et du scénario et à la fois souhaitent qu'il soit humain, mais se plaignent aussi de l'aspect répétitif du système. Les enfants semblent ne pas vouloir accepter les limites de cet outil technologique.

### **III.2.4. Enjeux personnels**

La mission des enfants lors des séances est d'aider QT à mieux écrire. Les enfants sont sensibles au fait qu'il faut l'aider : « **il a du mal à écrire, mais ce n'est pas grave parce que je suis là pour l'aider** ».

Ils mettent non seulement l'accent sur le fait d'aider, mais aussi sur le fait d'apprendre à QT à écrire : « **ce que je trouve super et bah c'est que je l'apprend à écrire, à faire des jeux, et puis il m'apprend en retour** ». Ils ont envie de faire les séances et apprennent en retour. Il y a donc un apprentissage réciproque : « **on a, QT, QT il avait choisi un des jeux, et après moi j'ai choisi l'autre jeu. Du coup, on fait à tour de rôle** ».

La majorité des participants mentionne l'impression de travailler en équipe :

**Enfant : « Mais ce que j'aime bien aussi, c'est qu'il m'entraîne aussi. Il dit « ne nous décourageons pas » »**

**Chercheur : « Et donc t'aime bien qu'il parle en « nous » ? Tu aimes bien qu'il t'encourage ? »**

**Enfant : « Oui. »**

Un enfant évoque se sentir responsabilisé. Il estime qu'il doit assister à ses cours et ses prises en charge pour s'améliorer, pour pouvoir aider à QT s'améliorer :

**Enfant :** « Je me suis dit qu'il faut que j'aie à toutes mes séances pour travailler avec le robot. [...] Parce que je trouvais que c'était mieux de travailler avec un robot, et que ce n'était pas comme les autres séances. Et puis, je me suis dit que c'est super. De travailler avec un robot, QT. »

**Chercheur :** « Et tu t'es dit qu'il fallait que t'aies bien à toutes tes séances pour travailler avec QT ? Même celles où il n'y a pas QT ? »

**Enfant :** « Oui. »

**Chercheur :** « Pour pouvoir ? »

**Enfant :** « Oui pour pouvoir travailler avec lui [...] Pour pouvoir mieux l'aider. »

Malgré ce sentiment d'être responsabilisé, un participant se sent remplaçable : « **oui, même s'il sait un peu mal écrire, il peut bien s'améliorer avec un autre enfant !** ».

D'autres contradictions et hésitations apparaissent lors de l'entretien avec les enfants. Ils ressentent que QT est à l'écoute et rappelle qu'il n'a pas d'oreilles :

**Enfant :** « Ce que j'aime moins, c'est qu'il n'a pas d'oreilles [...] J'ai envie qu'il entende ce qu'on dit »

**Chercheur :** « Là tu as l'impression qu'il n'entend pas bien ? »

**Enfant :** « Non, pas vraiment ».

Malgré les imprévus ou les problèmes techniques pendant la séance, les enfants restent tolérants par rapport à la situation. Les enfants relativisent et trouvent des excuses pour les erreurs de QT :

**Enfant :** « Oui c'est que mm comment il fait, comment il répond, comment on se dit bonjour. En fait il est poli et gentil. »

**Chercheur :** « D'accord. Je me rappelle il y avait une séance où tu avais dit qu'il n'était pas très poli »

**Enfant :** « Oui au début, mais là maintenant ça va »

**Chercheur :** « D'accord, et qu'est-ce qu'il faisait que tu trouvais qu'il n'était pas très poli ? »

**Enfant :** « Parce que dès que je lui parlais, il ne répondait pas. Mais je pense que c'était une erreur, une erreur de programmation je ne sais pas »

Sur le plan personnel, les enfants sont en position d'aidant, de responsable de l'évolution de QT pendant les séances. Ils ressentent qu'ils sont, eux même, en situation d'apprentissage mais qui sort du contexte habituel. Ils s'amuse et choisissent ensemble les jeux sérieux. Les enfants apprécient ce contexte d'apprentissage réciproque, le travail en groupe, quand le robot utilise le « nous » pour évaluer leur évolution. Lorsque l'enfant mentionne que QT l'aide en retour, ceci reflète fidèlement l'approche *learning by teaching*. De plus, ils défendent QT pour ses petites erreurs techniques. L'ensemble de ces enjeux personnels favorise le maintien de la motivation des enfants le long des séances.

Des hésitations et des contradictions pendant les entretiens peuvent soit être expliquées par le souhait que QT soit plus humain, soit être expliquées par des difficultés à s'exprimer, soit par une fatigue éprouvée lors de cet entretien.

### **III.2.5. Situer le rôle de chacun dans le scénario et se projeter dans QT**

Cette partie concerne à la fois la perception du robot et les enjeux personnels.

Les enfants mentionnent un jeu de faire semblant et de prendre le rôle d'un ou d'une maîtresse : « **je me sens bien parce que je me prends pour un enseignant, [...] oui pour un maître** ». Ils trouvent la situation amusante : « **Pourquoi c'est cool ? Euh parce que ça fait comme si j'étais enseignant [...] et il y a QT qui a la place d'enfant [...] en fait comme un enseignant qui regarde le travail des autres et qu'il corrige** ». Les enfants attribuent des rôles à chacun. La psychomotricienne : « **elle joue le rôle de la directrice, moi je joue le rôle de maître(sse), et QT joue le rôle de l'élève** ».

Les études de Jamet et al. (2018) et Johal (2020) ont observé des enfants dans un contexte identique. Étant dans une situation d'enseignant, ils affirment que les enfants se motivent et s'intéressent davantage à l'écriture et apprennent en conséquence plus efficacement.

Il est également intéressant de mettre en relief la projection des participants dans QT. Un participant insiste pour que QT soit classe et sportif. Le second participant souhaite que QT ait des amis et qu'il ne soit pas seul.

**Enfant : « Qu'il soit une fille oui, mais qu'il a des camarades. Ça peut être une fille ou des garçons. Des filles ou des garçons. Exemple, deux filles et deux garçons. »**

**Question : « Et qu'est-ce qui te donne envie qu'il ait des camarades ? »**

**Enfant : « Parce que je m'amuse pas bien tout(e) seul(e) »**

**Question : « T'aimerais avoir plusieurs élèves ? »**

**Enfant : (rires) « Oui ! Comme si j'étais un(e) maître(sse) ! »**

QT semble mettre l'enfant suffisamment en confiance pour qu'il ou elle nous reflète sa solitude. L'enfant vient de nous donner une ouverture, un nouvel axe de travail à prendre en compte, dans le cadre de sa prise en charge globale.

Après avoir exposé les résultats basés sur des observations qualitatives et la propre expérience des participants à la recherche, nous pouvons ainsi approfondir nos réflexions.

### **III.2.6. Discussion**

Dans ce mémoire, nous avons cherché à savoir l'apport du robot social dans la prise en charge des troubles de l'écriture. L'analyse de nos données est basée sur les quatre premières séances. Suite à nos observations et au retour des enfants, nous observons que nos résultats sont ambigus.

En effet, les enfants apprécient les caractéristiques physiques de QT et le trouvent mignon, beau et poli. Ils aiment sa présence pendant les séances mais sont à la fois frustrés par la répétitivité de ses réactions, par sa lenteur à réagir, et par la répétitivité des jeux sérieux. Ils se sentent mal à l'aise lorsque QT est incapable de répondre à leurs questions. Il est possible que les éléments attrayants que possède QT ne suffisent pas assez pour compenser ses défauts et pour motiver ces enfants. Ceci explique la diminution des interactions avec QT (réponses et contact visuel) à partir de la deuxième séance. L'effet de nouveauté apparaît pendant la première séance et finit par diminuer. Toutefois, les enfants arrivent à relativiser leurs opinions, défendent les erreurs de QT et apprécient encore de venir aux séances.

Les enfants sont engagés dans ce projet de recherche et se sont investis dans la relation avec QT. Ils ont la mission d'aider QT, dans une ambiance de travail. Les enfants se sentent responsables de l'amélioration de QT et apprennent en retour. Cette situation d'entraide et de réciprocité amène les enfants à être acteurs, à s'affirmer, à prendre parole et développer leur capacité de réflexion. Les enfants assistent alors aux séances, non seulement pour travailler avec QT, mais aussi pour s'amuser et jouer avec lui. Ils jouent le rôle d'enseignant(e) et de maître(sse). Le scénario *learning by teaching* semble donc être une source motivationnelle importante qui facilitera la prise en charge de l'écriture.

L'originalité du contexte accroît la motivation des enfants. L'idée de travailler avec un robot, qui bouge, qui réagit, qui joue avec eux, donne envie aux enfants de revenir aux séances. Ils souhaitent lui attribuer une identité et des traits qui s'approchent de la réalité humaine. Ceci va à l'encontre de ce qu'ils disaient précédemment : ils sont conscients que le robot n'est pas vivant, ne mange pas, ne dors pas, ne respire pas, mais lui attribuent en même temps la capacité de penser, de parler et d'écouter. Les enfants ont envie de lui accorder des habiletés propres à l'humain pour pouvoir mieux interagir avec lui et donc renforcer leur relation avec lui. Ils se sentent déjà en confiance et acceptés par QT malgré leurs difficultés. Ils veulent donc enrichir la relation enfant-robot déjà instaurée.

Bien qu'une conversation ponctuelle et hebdomadaire avec QT pourrait sembler suffisamment réaliste à l'enfant, c'est la psychomotricienne qui manipule les réactions du robot grâce à l'interface à portée de vue de l'enfant. Par moments, les enfants observent la psychomotricienne en train d'utiliser l'interface mais n'ont jamais posé de questions. Il semble que les enfants sont conscients de l'artificialité de QT mais souhaitent néanmoins croire en ses capacités. Ils veulent toujours que QT soit un peu plus réel.

Il est important de mentionner que, pendant toutes ces séances, l'intérêt principal de la psychomotricienne est d'accompagner l'enfant dans la prise en charge de l'écriture. Elle instaure le cadre, adapte les réactions de QT et choisit les jeux sérieux en fonction des intérêts et des difficultés qui sont spécifiques à chaque enfant. QT interagit donc différemment avec chaque enfant.

Or une des caractéristiques de la dysgraphie est la lenteur à écrire : plus l'enfant est contraint à écrire rapidement, plus son écriture se dégrade. Son écriture gagne en lisibilité lorsque l'enfant a la liberté d'avancer à son propre rythme (Hammerschmidt et Sudsawad,

2004). Les participants apprécient le fait que QT accepte leur propre rythme et sont motivés à s'améliorer dans une ambiance calme, loin des exigences scolaires. De plus, l'apprentissage de l'écriture se fait dans un contexte ludique, qui libère l'enfant du sentiment de frustration vis-à-vis de la tâche écrite. Les renforcements positifs de la part de QT jouent également un rôle majeur dans la motivation des enfants. Le système iRecheck (QT + jeux sérieux) semble donc aider les enfants à diminuer leur réticence face à l'écriture.

Le système iRecheck est intéressant à utiliser parce que QT sollicite la motivation des enfants alors que les jeux sérieux permettent un entraînement de l'écriture, en situation de copie, et renforcent les prérequis de l'écriture. Toutefois, il est important de mentionner que les séances avec QT et les jeux sérieux ne sont pas des séances adaptées à des enfants en début de prise en charge de l'écriture et ne remplacent pas la prise en charge régulière. Un travail de base sur la motricité fine, l'analyse visuo-spatiale, le contrôle visuo-moteur, la régulation tonique, la tenue du scripteur etc. est primordial. QT est donc un support ou un moyen. Il n'est pas adapté à tout enfant présentant une dysgraphie. Tout dépend de l'âge, de l'intérêt et des difficultés de chaque patient. QT pourrait être un moyen dans la prise en charge des enfants qui refusent les tâches « papier-crayon » mais aussi des enfants qui manquent de motivation et de confiance en leurs capacités.

Ce protocole expérimental ne permet pas de conclure de façon définitive sur l'apport du robot social dans la prise en charge des troubles de l'écriture. Par manque de temps, l'analyse des résultats s'est limitée à la moitié des séances prévues. Nous n'avons pas pu vous fournir à temps les résultats post-test du BHK et du *Self perception profile for children* pour avoir des résultats quantitatifs et concrets sur l'efficacité du protocole. De plus, il serait favorable de débiter cette expérimentation sur un grand nombre d'enfants et inclure des adolescents.

## CONCLUSION

Ce mémoire met en avant l'introduction d'un nouvel outil, un robot social, dans la prise en charge des enfants présentant une dysgraphie. Le protocole mis en place fait partie d'un projet de recherche qui consiste à collaborer entre chercheurs, ingénieurs, psychomotriciennes et enfants, afin de pouvoir développer cet outil et l'adapter en fonction des besoins spécifiques de ces enfants.

Vu la situation sanitaire actuelle, le début des expérimentations a pris du retard. Le protocole de base est composé de neuf séances, dans lesquelles nous proposons à des enfants présentant une dysgraphie d'aider un robot, qui a également des difficultés, à améliorer son écriture. Leur mission est donc d'aider le robot, tout en s'entraînant sur une tablette qui contient des jeux travaillant spécifiquement une caractéristique de l'écriture.

Les expérimentations ont débuté vers mi-mars. Pour ce mémoire, nous nous sommes ainsi basés sur des observations qualitatives concernant la moitié des séances prévues et sur une analyse thématique des entretiens réalisés avec les participants après trois séances.

Les résultats révèlent que l'effet de nouveauté de la situation est flagrant au niveau de la première séance mais finit par s'estomper assez rapidement. La source motivationnelle principale des enfants est plutôt le scénario *learning by teaching*, qui offre aux enfants la responsabilité d'aider le robot. L'amélioration de l'écriture du robot dépend donc de leur engagement et de leur travail. Ce scénario permet aussi à l'enfant d'apprendre en retour et d'être félicité par le robot. Cette réciprocité renforce la relation des enfants avec le robot.

Le scénario *learning by teaching* est à la fois perçu comme sérieux (contexte d'entraide et d'apprentissage) et ludique. Les enfants sont enthousiastes à l'idée de jouer le rôle de l'enseignant et d'avoir le robot en tant qu'élève.

Les enfants apprécient la présence du robot, malgré son artificialité qui les met mal à l'aise. Ils souhaitent lui attribuer des capacités qui ressemblent à celles des humains pour que le contexte se rapproche du réel, afin de pouvoir mieux communiquer avec lui. Ils ont envie de continuer les séances avec le robot, de s'investir davantage et d'enrichir la qualité des échanges avec lui.

Les enfants présentant une dysgraphie perçoivent l'écriture comme étant une tâche complexe. Dans la prise en charge de l'écriture en psychomotricité, un travail des prérequis à l'écriture est bien évidemment exigé. L'outil proposé dans ce mémoire, avec tous les avantages qu'il présente, n'est pas la solution miracle et ne peut pas être utilisé en début de prise en charge, ni avec tous les enfants.

La combinaison des jeux sérieux et du robot permet de varier dans la prise en charge et de proposer une expérience inédite et ludique à ces enfants. Elle sort du contexte habituel des séances en psychomotricité et est un moyen permettant de diminuer la frustration des enfants vis-à-vis de leurs difficultés et de réduire leur réticence face aux tâches écrites.

Les résultats déduits de cette recherche suggèrent alors de nouvelles pistes de réflexions. Depuis 2016, j'ai pris le temps de développer plusieurs jeux, en utilisant différents logiciels, visant à améliorer d'autres axes de prise en charge comme l'organisation spatiale et le contrôle de l'impulsivité motrice et cognitive. Il me paraît très intéressant d'utiliser le robot social dans la prise en charge d'autres objectifs thérapeutiques, en le combinant à d'autres outils technologiques comme ça a été fait avec le logiciel Dynamico, qui est lui spécifique à la prise en charge des troubles de l'écriture.

Plus généralement, les outils technologiques sont en continuelle évolution. Le psychomotricien devrait s'informer sur ces outils et accompagner ces progrès en vue de trouver, ou même de créer, de nouveaux supports qu'il pourrait utiliser et adapter spécifiquement à son patient. Le robot peut être un outil supplémentaire. Il ne doit pas se substituer systématiquement aux autres outils du psychomotricien mais pourrait être utilisé s'il apporte un plus dans la prise en charge du patient. Le psychomotricien considère son patient dans sa globalité et adapte continuellement ses prises en charges et ses outils en fonction des intérêts de celui-ci.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ajuriaguerra, J., Auzias, M., Coumes, I., Lavondes-Monod, V., Perron, R., & Stambak, M. (1964). L'écriture de l'enfant: Vol. 1. *L'évolution de l'écriture et Ses Difficultés*. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Albaret, J.-M., Kaiser, M.-L., & Soppelsa, R. (2013). Troubles de l'écriture chez l'enfant. Des modèles à l'intervention. *Bruxelles: De Boeck Solal*.
- Bainbridge, W. A., Hart, J. W., Kim, E. S., & Scassellati, B. (2011). The benefits of interactions with physically present robots over video-displayed agents. *International Journal of Social Robotics*, 3(1), 41–52.
- Berninger, V. W., Nielsen, K. H., Abbott, R. D., Wijsman, E., & Raskind, W. (2008). Writing problems in developmental dyslexia: Under-recognized and under-treated. *Journal of School Psychology*, 46(1), 1–21.
- Breazeal, C. L. (2000). *Sociable machines: Expressive social exchange between humans and robots*.
- Bullinger, A. (1998). La genèse de l'axe corporel, quelques repères. *Enfance*, 51(1), 27–35.
- Capellini, S. A., Coppede, A. C., & Valle, T. R. (2010). Fine motor function of school-aged children with dyslexia, learning disability and learning difficulties. *Prò-Fono Revista de Atualizacao Científica*, 22(3), 201–208.
- Danna, J, Velay, J., & Albaret, J. (2016). Dysgraphies. *Traité de Neurolinguistique*. de Boeck Supérieur Ed. Louvain-La-Neuve: S. Pinto & M. Sato.
- Danna, Jérémy, Paz-Villagrán, V., & Velay, J.-L. (2014). Lifts and stops in proficient and dysgraphic handwriting. *Human Movement Science*, 15.

- Del Castillo, M. C. F., Belmonte, M. J. M., Rojas, M. L. R.-F., Pino, M. Á. L., Verdú, J. B., & Rodríguez, J. M. S. (2010). Cerebellum atrophy and development of a peripheral dysgraphia: A paediatric case. *The Cerebellum*, 9(4), 530–536.
- Di Pietro, M., Schnider, A., & Ptak, R. (2011). Peripheral dysgraphia characterized by the co-occurrence of case substitutions in uppercase and letter substitutions in lowercase writing. *Cortex*, 47(9), 1038–1051.
- Duran, D., & Topping, K. (2017). *Learning by teaching: Evidence-based strategies to enhance learning in the classroom*. Taylor & Francis.
- Ellis, A. W. (1988). Normal writing processes and peripheral acquired dysgraphias. *Language and Cognitive Processes*, 3(2), 99–127.
- Feder, K. P., & Majnemer, A. (2007). Handwriting development, competency, and intervention. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(4), 312–317. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00312.x>
- Feder, K. P., Majnemer, A., Bourbonnais, D., Platt, R., Blayney, M., & Synnes, A. (2005). Handwriting performance in preterm children compared with term peers at age 6 to 7 years. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(3), 163–170.
- Graham, S., Harris, K. R., & Fink, B. (2000). Is handwriting causally related to learning to write? Treatment of handwriting problems in beginning writers. *Journal of Educational Psychology*, 92(4), 620.
- Graham, S., & Perin, D. (2007). A meta-analysis of writing instruction for adolescent students. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 445.
- Grossberg, S., & Paine, R. W. (2000). A neural model of cortico-cerebellar interactions during attentive imitation and predictive learning of sequential handwriting movements. *Neural Networks*, 13(8–9), 999–1046.

- Hammerschmidt, S. L., & Sudsawad, P. (2004). Teachers' survey on problems with handwriting: Referral, evaluation, and outcomes. *American Journal of Occupational Therapy*, 58(2), 185–192.
- Hamstra-Bletz, L., & Blöte, A. W. (1993). A longitudinal study on dysgraphic handwriting in primary school. *Journal of Learning Disabilities*, 26(10), 689–699.
- Han, J. (2010). *Robot-aided learning and r-learning services*. 288.
- Henry, F. M., & Rogers, D. E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a “memory drum” theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 31(3), 448–458.
- Hood, D., Lemaignan, S., & Dillenbourg, P. (2015). *When children teach a robot to write: An autonomous teachable humanoid which uses simulated handwriting*. 83–90.
- Jacq, A., Lemaignan, S., Garcia, F., Dillenbourg, P., & Paiva, A. (2016). *Building successful long child-robot interactions in a learning context*. 239–246.
- Jamet, F., Masson, O., Jacquet, B., Stilgenbauer, J.-L., & Baratgin, J. (2018). Learning by Teaching with Humanoid Robot: A New Powerful Experimental Tool to Improve Children's Learning Ability. *Journal of Robotics*, 2018, 4578762. <https://doi.org/10.1155/2018/4578762>
- Johal, W. (2020). Research Trends in Social Robots for Learning. *Current Robotics Reports*, 1(3), 75–83. <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00008-3>
- Jolly, C., Huron, C., Albaret, J.-M., & Gentaz, E. (2010). Analyse comparative des tracés de lettres cursives d'une enfant atteinte d'un trouble d'acquisition de la coordination et scolarisée en CP avec ceux d'enfants ordinaires de GSM et de CP. *Psychologie Française*, 55(2), 145–170.
- Jongmans, M. J., Linthorst-Bakker, E., Westenberg, Y., & Smits-Engelsman, B. C. (2003). Use of a task-oriented self-instruction method to support children in primary school with poor handwriting quality and speed. *Human Movement Science*, 22(4–5), 549–566.

- Kaiser, M.-L. (2009). *Facteurs endogènes et exogènes influençant l'écriture manuelle chez l'enfant*.
- Kanda, T., Sato, R., Saiwaki, N., & Ishiguro, H. (2007). A Two-Month Field Trial in an Elementary School for Long-Term Human–Robot Interaction. *IEEE Transactions on Robotics*, 23(5), 962–971. <https://doi.org/10.1109/TRO.2007.904904>
- Keele, S. W. (1968). Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 70(6p1), 387.
- Kidd, C. D., & Breazeal, C. (2008). *Robots at home: Understanding long-term human-robot interaction*. 3230–3235.
- Kirby, A., Sugden, D., Beveridge, S., Edwards, L., & Edwards, R. (2008). Dyslexia and developmental co-ordination disorder in further and higher education—Similarities and differences. Does the ‘Label’ influence the support given? *Dyslexia*, 14(3), 197–213.
- Le Roux, Y. (2005). *Apprentissage de l'écriture et psychomotricité*. Groupe de Boeck.
- Leyzberg, D., Spaulding, S., & Scassellati, B. (2014). *Personalizing robot tutors to individuals' learning differences*. 423–430.
- Maarse, F. J., Van Galen, G. P., & Thomassen, A. J. (1989). Models for the generation of writing units in handwriting under variation of size, slant, and orientation. *Human Movement Science*, 8(3), 271–288.
- McHale, K., & Cermak, S. A. (1992). Fine Motor Activities in Elementary School: Preliminary Findings and Provisional Implications for Children With Fine Motor Problems. *American Journal of Occupational Therapy*, 46(10), 898–903. <https://doi.org/10.5014/ajot.46.10.898>
- Meulenbroek, R. G., Thomassen, A. J., van Lieshout, P. H., & Swinnen, S. P. (1998). The stability of pen–joint and interjoint coordination in loop writing. *Acta Psychologica*, 100(1–2), 55–70.

- Overvelde, A., & Hulstijn, W. (2011). Handwriting development in grade 2 and grade 3 primary school children with normal, at risk, or dysgraphic characteristics. *Research in Developmental Disabilities, 32*(2), 540–548.
- Pacchierotti, E., Christensen, H., & Jensfelt, P. (2006). Design of an Office-Guide Robot for Social Interaction Studies. *2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 4965–4970. <https://doi.org/10.1109/IROS.2006.282519>
- Pagliarini, E., Guasti, M. T., Toneatto, C., Granocchio, E., Riva, F., Sarti, D., Molteni, B., & Stucchi, N. (2015). Dyslexic children fail to comply with the rhythmic constraints of handwriting. *Human Movement Science, 42*, 161–182.
- Paillard, J. (1990). Les bases nerveuses du contrôle visuo-manuel de l'écriture. *L'écriture: Le Cerveau, l'œil et La Main, Brepols-Turnhout*.
- Peverly, S. T., Vekaria, P. C., Reddington, L. A., Sumowski, J. F., Johnson, K. R., & Ramsay, C. M. (2013). The relationship of handwriting speed, working memory, language comprehension and outlines to lecture note-taking and test-taking among college students. *Applied Cognitive Psychology, 27*(1), 115–126.
- Rosenblum, S., & Livneh-Zirinski, M. (2008). Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental coordination disorder. *Human Movement Science, 27*(2), 200–214.
- Sandler, A. D., Watson, T. E., Footo, M., Levine, M. D., Coleman, W. L., & Hooper, S. R. (1992). Neurodevelopmental study of writing disorders in middle childhood. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 13*(1), 17–23. <https://doi.org/10.1097/00004703-199202000-00005>
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review, 82*(4), 225.

- Soppelsa, R., Abizeid, C. M., Chéron, A., Laurent, A., & Danna, J. (n.d.). *Dysgraphies et rééducation psychomotrice: Données actuelles*. 8.
- Søvik, N., & Teulings, H.-L. (1983). Real-time feedback of handwriting in a teaching program. *Acta Psychologica*, 54(1), 285–291. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(83\)90040-9](https://doi.org/10.1016/0001-6918(83)90040-9)
- Sung, J., Christensen, H. I., & Grinter, R. E. (2009). Robots in the wild: Understanding long-term use. *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction - HRI '09*, 45. <https://doi.org/10.1145/1514095.1514106>
- Tanaka, F., & Matsuzoe, S. (2012). *Children Teach a Care-Receiving Robot to Promote Their Learning: Field Experiments in a Classroom for Vocabulary Learning*. 18.
- Teulings, H.-L., & Schomaker, L. R. (1993). Invariant properties between stroke features in handwriting. *Acta Psychologica*, 82(1–3), 69–88.
- Vaivre-Douret, L., Lalanne, C., Cabrol, D., Ingster-Moati, I., Falissard, B., & Golse, B. (2011). Identification de critères diagnostiques des sous-types de troubles de l'acquisition de la coordination (TAC) ou dyspraxie développementale. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 59(8), 443–453.
- Van Galen, G. P. (1991). Handwriting: Issues for a psychomotor theory. *Human Movement Science*, 10(2–3), 165–191.
- Van Galen, G. P., & Weber, J. F. (1998). On-line size control in handwriting demonstrates the continuous nature of motor programs. *Acta Psychologica*, 100(1–2), 195–216.
- Viviani, P., & Terzuolo, C. (1980). 32 space-time invariance in learned motor skills. In *Advances in psychology* (Vol. 1, pp. 525–533). Elsevier.
- Weintraub, N., & Graham, S. (1998). Writing legibly and quickly: A study of children's ability to adjust their handwriting to meet common classroom demands. *Learning Disabilities Research & Practice*.

- Weintraub, N., & Graham, S. (2000). The Contribution of Gender, Orthographic, Finger Function, and Visual-Motor Processes to the Prediction of Handwriting Status. *The Occupational Therapy Journal of Research*, 20(2), 121–140. <https://doi.org/10.1177/153944920002000203>
- Wright, C. E. (1990). *Generalized motor programs: Reexamining claims of effector independence in writing.*
- Zesiger, P. (2003). Acquisition et troubles de l'écriture. *Enfance*, 55(1), 56–64.
- Zesiger, P. E., Deonna, T., & Mayor, C. (2000). L'acquisition de l'écriture. *Enfance*, 53(3), 295–304.

**ANNEXE B: Exemple de la passation du BHK.**

IL FAIT très beau  
je suis bien  
je vois de l'eau  
mais je ne sais  
pas  
où elle va  
l'eau va

## **ANNEXE C: Exemple de la lettre de consentement, à faire signer par les parents**

### **Note d'information destinée aux titulaires de l'exercice de l'autorité parentale Recherche impliquant des mineurs**

iReCheck – Un compagnon robotique pour l'apprentissage de l'écriture

**Madame, Monsieur,**

Le Professeur David Cohen, Salvatore Anzalone, enseignant chercheur en cognition humaine et artificielle à l'université Paris 8, et moi-même, Soizic Gauthier, chercheuse au sein du service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, aimerions proposer à votre enfant de participer à une recherche. Celle-ci porte sur le développement d'un outil pour aider à l'apprentissage de l'écriture chez les enfants présentant une dysgraphie, et sur l'évaluation de la satisfaction liée à l'usage de cet outil : nous souhaitons nous assurer que celui-ci est satisfaisant à utiliser pour les enfants à qui il est proposé.

Il est important de lire attentivement cette note avant de prendre votre décision. Nous nous tenons bien sûr à votre disposition afin de pouvoir en discuter et pour répondre à vos questions sur cette recherche.

La participation de votre enfant à cette recherche est entièrement libre et volontaire. Si vous acceptez que votre enfant participe à cette recherche, il recevra aussi une information appropriée de votre part et de celle des chercheurs impliqués dans la recherche. Son refus éventuel sera respecté.

Si vous refusez que votre enfant participe à cette recherche, il continuera à bénéficier, le cas échéant, de la meilleure prise en charge médicale possible, conformément aux connaissances actuelles.

En espérant que notre proposition trouve auprès de vous une réponse favorable,  
Croyez, Madame, Monsieur, en l'assurance de nos meilleures salutations.

**Contacts**  
[...]

### **Quel est le but de cette recherche ?**

Le but de la recherche est de développer un outil pour aider les enfants avec des troubles d'apprentissage de l'écriture (dysgraphie) à apprendre à écrire et à améliorer leur écriture, et d'évaluer le degré de satisfaction lié à l'usage de cet outil. Nous voulons vérifier l'utilisabilité de cet outil et nous souhaitons voir s'il est satisfaisant pour les personnes qui l'utilisent. Cet outil réunit des jeux sérieux sur une tablette, qui permettent de s'entraîner à écrire de façon ludique, et un robot social (c'est-à-dire, doté d'interactions sociales, qui parle par exemple), qui peut écrire, mais ne sait pas très bien le faire. On demande à l'enfant d'aider au robot à apprendre à écrire au moyen des jeux sur tablette, afin que le robot, mais bien sûr surtout l'enfant, progressent dans leur apprentissage de l'écriture.

### **En quoi consiste la recherche ? Si mon enfant participe, que devra-t-il faire, à combien de rendez-vous devra-t-il venir, et combien de temps en tout la recherche durera-t-elle ?**

Pendant la recherche, nous proposerons à votre enfant d'utiliser un robot et de jouer avec lui à des jeux sérieux sur tablette visant à entraîner l'écriture. Ce robot ne sait pas bien écrire, et nous demanderons à votre enfant de lui apprendre. Si votre enfant participe, il devra donc utiliser les jeux sérieux sur tablette pour apprendre à écrire au robot, et, par la même occasion, pour améliorer son écriture. Il devra également répondre à quelques questionnaires concernant sa perception du robot et la confiance qu'il a en ses propres capacités : nous pensons que les enfants présentant une dysgraphie peuvent reprendre confiance en eux pendant qu'ils apprennent au robot à écrire. Nous lui proposerons également des entretiens de recherche au cours desquels nous lui demanderons de nous dire ce qu'il pense du robot. Il sera filmé pendant qu'il utilise le robot et la tablette. S'il participe à la recherche, votre enfant utilisera le robot et les jeux sérieux soit dans des rendez-vous individuels, une fois par semaine, le mercredi, avec son psychomotricien ou son professeur, soit pendant qu'il est en classe, s'il suit des cours au centre scolaire Georges Heuyer. A cela s'ajouteront 3 à 4 rendez-vous d'une à deux heures pour passer les questionnaires et faire les entretiens. Nous conviendrons ensemble du moment de ces rendez-vous, qui pourront avoir lieu en semaine ou le weekend, selon ce qui sera le plus simple pour votre enfant et vous. La participation de votre enfant à la recherche sera d'environ 2 mois. La participation à cette recherche ne modifiera pas la prise en charge dont bénéficie déjà votre enfant, le cas échéant.

### **Quels sont les bénéfices individuels liés à la participation de votre enfant ?**

Cette recherche ne présente pas en soi de bénéfice individuel direct pour les personnes qui y participent. Votre participation est en revanche une aide pour le développement des méthodes et outils pour l'apprentissage de l'écriture chez les enfants présentant une dysgraphie. Cette recherche n'a en aucun cas de valeur diagnostique et n'a pas pour but de permettre l'évaluation d'éventuelles difficultés chez votre enfant.

### **Quels sont les risques et les contraintes prévisibles ajoutés par la recherche ?**

Il n'y a aucun risque de dommage physique connu lié à la participation à cette recherche. Tout équipement sera évalué, les tests seront effectués pour la configuration complète et non seulement pour un équipement individuel. Si vous souhaitez arrêter la recherche avant que celle-ci n'ait atteint son terme, cela n'entraînera aucune conséquence pour vous ou pour la prise en charge de votre enfant.

### **Si votre enfant participe, que vont devenir les données recueillies pour la recherche ?**

Toutes les informations concernant les participants seront conservées de façon anonyme et confidentielle. Les divers documents de la recherche seront codifiés pour que les participants ne puissent pas être reconnus et seuls les chercheurs principaux auront accès à la liste des noms et des codes. Les données recueillies demeureront strictement confidentielles. Les enregistrements audio, vidéo, ou des mouvements que nous pourrions effectuer seront conservés de manière sécurisée. Les données recueillies ne pourront être consultées que par l'équipe de recherche impliquée dans ce projet.

La recherche fera l'objet de publications dans des revues scientifiques, et aucun participant ne pourra y être identifié ou reconnu.

Si vous souhaitez plus d'informations, vous pouvez demander aux chercheurs de vous fournir une copie du plan de gestion des données de la recherche. Les données seront conservées pendant 2 ans après la dernière publication puis archivées pendant 15 ans.

#### **Comment cette recherche est-elle encadrée ?**

Cette recherche n'entre pas dans le cadre des recherches impliquant la personne humaine conformément au Code de la santé publique, et entre dans le cadre de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, modifiée par la loi n°2018-493 du 20 juin 2018 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel, et du règlement général sur la protection des données (articles 6.1.f, 9.2.j et l'article 13 et 14 si rétrospectif).

De plus, cette recherche a été soumise pour validation [*nous préciserons ici l'avis du comité d'éthique ainsi que l'identifiant obtenu*]. Vous pouvez, si vous le souhaitez, consulter le document décrivant la recherche soumis au comité d'éthique : il suffit d'en faire la demande aux chercheurs.

#### **Quels sont vos droits ?**

La participation de votre enfant à cette recherche est entièrement libre et volontaire.

Vous disposez d'un délai de réflexion pour décider de la participation ou non de votre enfant à la recherche et signer le formulaire de consentement.

Votre décision n'entraînera aucun préjudice sur la qualité des soins et des traitements que vous êtes en droit d'attendre pour votre enfant.

Vous pouvez à tout moment retirer votre consentement, votre enfant et vous-même pouvez à tout moment arrêter, y compris au cours de la recherche, votre participation ; tout cela sans justification, sans conséquence sur la qualité des soins, des traitements qui pourraient lui être fournis et sur la relation avec son médecin.

Un traitement de vos données personnelles va être mis en œuvre pour permettre d'analyser les résultats de l'étude au regard de l'objectif de cette dernière qui vous a été présenté. Ce traitement est mis en œuvre sur la base de la mission d'intérêt public dont est chargée l'Assistance-Publique-Hôpitaux de Paris.

A cette fin, les données vous concernant seront transmises au responsable du traitement APHP ou aux personnes agissant pour son compte.

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser le recueil de vos données pour cette étude ou d'interrompre votre accord sans avoir à vous justifier. Votre décision n'entraînera aucun préjudice sur votre prise en charge éventuelle par un médecin, la qualité des soins et des traitements que vous êtes en droit d'attendre.

Votre collaboration à cette étude n'entraînera aucune participation financière de votre part, conformément à la loi. Tous les frais sont pris en charge par le promoteur de cette étude ou ses structures déléguées.

Conformément aux dispositions de loi relatives à l'informatique aux fichiers et aux libertés (CNIL - loi 78-17 du 6 janvier 1978 modifiée et du règlement général sur la protection des données), vous pouvez accéder aux données vous concernant ou demander leur effacement. Vous disposez également d'un droit d'opposition, d'un droit de rectification et d'un droit à la limitation du traitement de vos données. Vous disposez également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette étude et d'être traitées. Vous pouvez également accéder directement ou par l'intermédiaire d'un médecin de votre choix à l'ensemble de vos données médicales en application des dispositions de l'article L1111-7 du Code de la Santé Publique et du règlement général sur la protection des données. Ces droits s'exercent auprès la personne qui vous suit dans le cadre de l'étude et qui connaît votre identité.

Si vous estimez, après nous avoir contactés, que vos droits Informatique et Libertés ne sont pas respectés ou que l'étude n'est pas conforme aux règles de protection des données, vous pouvez vous adresser au DPO de l'APHP à l'adresse : [protection.donnees.dsi@aphp.fr](mailto:protection.donnees.dsi@aphp.fr)

A défaut, vous pourrez adresser une réclamation en ligne à la CNIL ou par voie postale (pour plus d'informations à ce sujet, rendez-vous sur le site [www.cnil.fr](http://www.cnil.fr)).

Le dossier médical de votre enfant restera confidentiel et ne pourra être consulté que sous la responsabilité du médecin s'occupant de son traitement ainsi que par les autorités de santé et par des personnes dûment mandatées par l'AP-HP pour la recherche et soumises au secret professionnel.

**Pourrais-je connaître les résultats de la recherche ?**

Bien sûr ! A l'issue de la recherche et après analyse des données relatives à celle-ci, vous pourrez être informé(e) des résultats globaux en le demandant au chercheur rencontré dans le cadre de cette recherche. Si l'enfant ayant participé à cette recherche est devenu majeur au moment où ces résultats sont disponibles, il pourra demander lui-même à être informé des résultats globaux de la recherche.

Si vous acceptez que votre enfant participe à la recherche et s'il ne s'y oppose pas, après avoir lu toutes ces informations et discuté tous les aspects de la recherche avec les chercheurs, vous devez signer le formulaire de consentement ci-joint.

**Formulaire de consentement destinée aux titulaires de l'exercice de l'autorité parentale  
Recherche impliquant des mineurs**

Nous soussignés,

M, Mme, Mlle (nom, prénom du titulaire de l'autorité parentale)

.....;

M, Mme, Mlle (nom, prénom du titulaire de l'autorité parentale)

.....;

Ou, s'il n'existe qu'un seul titulaire de l'autorité parentale,

Je soussigné(e),

M, Mme, Mlle (nom, prénom du titulaire de l'autorité parentale) .....

certifiant être le seul titulaire de l'autorité parentale,

Acceptons librement que notre enfant (nom, prénom, date de naissance de l'enfant) .....

..... participe à la recherche intitulée :

iReCheck – Un compagnon robotique pour l'apprentissage de l'écriture

organisée par l'Assistance Publique - Hôpitaux de Paris et qui nous a été proposée par David Cohen, Soizic Gauthier et Salvatore Anzalone, service de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, chercheurs dans cette recherche.

- Nous avons pris connaissance de la note d'information nous expliquant l'objectif de cette recherche, la façon dont elle va être réalisée et ce que la participation de notre enfant va impliquer ;
- Notre enfant a été informé, par nous (nous lui avons expliqué la recherche et/ou nous avons lu ensemble la note d'information qui lui est destinée) et/ou par les chercheurs, et il n'a pas refusé de participer à cette recherche ;
- Nous et notre enfant avons eu la possibilité de poser toutes les questions que nous souhaitions au chercheur qui nous a expliqué les risques potentiels et les contraintes liées à la participation de notre enfant à cette recherche ;
- Nous avons reçu des réponses adaptées à toutes nos questions ;
- Nous avons disposé d'un temps suffisant pour prendre notre décision ;
- Nous avons compris que la participation de notre enfant est libre et que nous pourrions retirer notre consentement à tout moment, sans encourir la moindre responsabilité, et sans subir le moindre préjudice pour la qualité des soins qui lui seront prodigués, si notre enfant reçoit des soins. Dans le cas où nous souhaiterions retirer notre consentement, nous avons compris qu'il nous faudra l'indiquer aux chercheurs impliqués dans la recherche ;
- Nous avons été informés que les données acquises, dans le cadre de cette recherche, seront conservées et utilisées ultérieurement à des fins de recherche et que nous pouvons nous y opposer à tout moment en l'indiquant au chercheur ayant recueilli le présent consentement ;
- Notre consentement ne décharge en rien, le cas échéant, le médecin qui suit notre enfant dans le cadre de la recherche ni l'AP-HP de l'ensemble de leurs responsabilités et notre enfant conserve tous ses droits garantis par la loi ;
- Nous conserverons un exemplaire de la note d'information et du consentement ;

*Signatures des titulaires de l'autorité parentale*

Nom, Prénom, Date

*Signature du ou des principaux investigateurs impliqués dans la recherche*

Nom, Prénom, Date

*Ce document est à réaliser en 3 exemplaires, dont l'original doit être conservé 15 ans par l'investigateur, le deuxième remis à la personne donnant son consentement et le troisième transmis à l'AP-HP*

**Note d'information destinée aux enfants et adolescents  
Recherche impliquant des mineurs**

iReCheck – Un compagnon robotique pour l'apprentissage de l'écriture

Bonjour,

Le Professeur David Cohen, Salvatore Anzalone, enseignant chercheur en cognition humaine et artificielle à l'université Paris 8, et moi-même, Soizic Gauthier, chercheuse au sein du service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, aimerions te proposer de participer à une recherche qui porte sur un outil pour aider les enfants qui ont des troubles de l'apprentissage de l'écriture à améliorer leur écriture.

Il est important de lire attentivement, avec tes parents si tu préfères, ce papier, qui va te présenter la recherche que l'on te propose. Il faut le lire avant de décider si tu veux participer ou non. Les chercheurs (ceux qui font la recherche) et tes parents sont là pour répondre à toutes les questions que tu pourrais avoir.

Ta participation à cette recherche est complètement libre et volontaire : tu n'es pas obligé de participer. Il ne faut participer que si tu es d'accord et que tu en as envie. Si tu refuses de participer, cela sera respecté et n'aura pas d'impact sur ta prise en charge, c'est à dire sur les autres rendez-vous que tu peux avoir à l'hôpital, si tu en as.

**Contacts**  
[...]

## **Qu'est-ce que c'est une « recherche » ?**

Quand on dit qu'on fait une recherche, cela veut dire que nous essayons de découvrir quelque chose, d'obtenir ou de créer de nouvelles connaissances. Par exemple, soit nous avons une idée et nous essayons de tester si cette idée est vraie ou fausse, soit des personnes ont un problème, et nous essayons de trouver une solution à ce problème, soit nous voulons voir si une solution que l'on a trouvée à un problème est satisfaisante pour ceux qui l'utilisent.

Dans la recherche que l'on te propose, nous voulons voir si une solution que l'on a trouvée à un problème est satisfaisante pour ceux qui l'utilisent.

## **Pourquoi est-ce que je dois lire ce papier ? Qu'est-ce que c'est ?**

Sur ce papier, il y a toutes les informations pour te présenter la recherche. Ce n'est pas forcément très agréable à lire, mais ce n'est pas très long ! On te donne ce papier à lire parce que c'est dans la loi : avant de pouvoir participer à une recherche, il faut avoir lu toutes les informations.

## **Qu'est-ce que tu devras faire si tu acceptes de participer à cette recherche ?**



Si tu acceptes de participer à cette recherche, nous te demanderons d'aider un de nos robots (qui s'appelle QT, c'est lui sur la photo à côté), qui n'est pas très fort pour écrire, à s'améliorer. Pour l'aider, il faudra utiliser des jeux sur une tablette pour lui montrer comment faire. Si tu l'aides, vous ferez tous les deux, toi et le robot, des progrès ensemble !

Pendant que tu aideras notre robot nous aurons besoin de vous filmer tous les deux et aussi d'enregistrer avec la tablette les jeux que vous faites. 3 ou 4 fois pendant que tu participes à la recherche, nous te demanderons de répondre à des questions sur comment tu trouves le robot et sur comment tu juges tes propres capacités.

Si tu es d'accord pour participer à la recherche, en tout, cela durera pendant 2 mois, mais tu n'auras pas beaucoup de rendez-vous en plus de ce qui est prévu normalement. Tu aideras le robot soit à l'école, soit pendant des rendez-vous en psychomotricité une fois par semaine. Il faudra prévoir 3 ou 4 rendez-vous avec moi pendant les 2 mois pour que tu puisses répondre à nos questions.

## **Que gagnes-tu à participer à cette recherche ?**

En faisant cette recherche, tu ne vas pas gagner directement quelque chose : ce n'est pas payé, et nous n'offrons pas de cadeau et ou de récompense.

Par contre, en participant, tu pourras aider les robots et les enfants qui ont des troubles pour apprendre à écrire et les soignants ou les maitres et maitresses qui travaillent avec eux.

## **Est-ce qu'il y a des choses embêtantes, effrayantes ou dangereuses dans cette recherche ?**

Non, il n'y a rien d'embêtant, d'effrayant ou de dangereux dans la recherche. Nous vérifierons que tout fonctionne et est bien installé, avant chacun de nos rendez-vous. Si tu ne te sens pas bien, ou si quelque chose te fait peur, nous y ferons attention et tu pourras nous le dire.

### **Qu'allons-nous faire avec les vidéos où tu aides le robot, des réponses aux questions qu'on te posera, et des enregistrements des jeux que vous aurez faits ?**

Toutes les informations te concernant seront gardées de façon anonyme (c'est-à-dire sans qu'on ne puisse savoir ton nom) et sécurisée. Il n'y aura que les chercheurs qui pourront reconnaître que ces informations te concernent et savoir ton nom, personne d'autre.

À la fin de la recherche, nous écriront des articles pour des revues scientifiques pour expliquer ce que nous avons trouvé, grâce aux enfants et adolescents qui ont participé à la recherche, aux autres chercheurs dans le monde. Dans ces articles non plus, on ne pourra pas reconnaître qui tu es.

### **Quels sont tes droits ?**

Ta participation à cette recherche est libre et volontaire : tu n'es pas obligé de participer, c'est seulement si tu en as envie.

Tu peux prendre un moment pour réfléchir et décider si tu veux participer ou non. Tu peux aussi prendre le temps d'en discuter avec tes parents pour savoir ce qu'ils en pensent. Tu peux demander à parler avec moi quand tu veux pour poser toutes les questions que tu veux.

À tout moment, même pendant les rendez-vous pour la recherche, tu peux décider d'arrêter ou de ne plus participer à la recherche, sans forcément avoir à expliquer pourquoi, et sans que personne ne t'en veuille.

À la fin de la recherche, et une fois que nous aurons rencontré tous les enfants qui auront été d'accord pour participer, nous pourrons t'expliquer ce que nous avons découvert et comment cela va servir. Il faudra demander à tes parents de me le demander par mail [...] ou par téléphone [...]).

Si tu acceptes de participer et si tes parents sont d'accord aussi, que tu as lu toutes les informations et posé toutes les questions que tu voulais, tes parents devront signer le papier qui leur a été donné (qui s'appelle « formulaire de consentement »). Si tu veux, toi, tu peux aussi signer ce papier pour dire que tu es d'accord pour participer.

- Je suis d'accord pour participer
- Je ne suis pas d'accord

Signé :

**ANNEXE D: Cadre spatial des séances avec QT**



# ANNEXE E: Interface de QT

Contrôle du robot

Indiquez votre prénom :

Avec quel enfant allez-vous utiliser QT ?

Prénom :

Nom :

Jennie, zou

Scénario et Jeux Réactions ...

The diagram illustrates the sequence of events in a QT session. It starts with 'QT lance la séance' (QT starts the session) indicated by a green 'START' button. This is followed by 'QT explique son scénario' (QT explains the scenario) with a blue document icon. The session concludes with 'QT conclue la séance' (QT ends the session) shown with a red 'FINISH' button. Below this, various games are listed: 'Analyse' (with a yellow 'a' icon), 'Jeu "Tilt"' (with a red icon), 'Jeu "Poursuite"' (with a blue icon), 'Jeu "Pression"' (with a yellow icon), 'Jeu "Twister"' (with an orange icon), and 'Jeu "Cowritter"' (with a grey 'abc' icon). Arrows indicate the flow between these elements.

Info icon

Jennie, zou

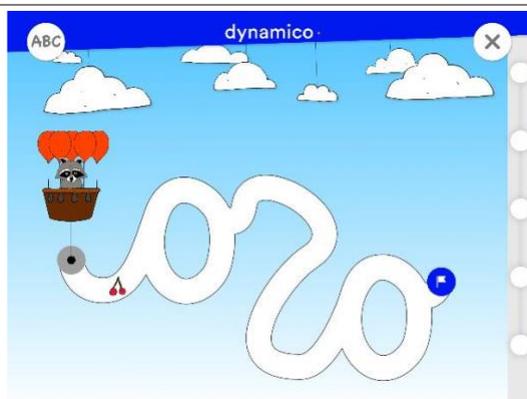
Scénario et Jeux Réactions ...

The diagram shows various reactions of QT. 'QT bugue et est malade' (QT glitches and is sick) is shown with a green face with 'x's. 'QT se défend' (QT defends) is shown with a red face. 'QT encourage et réagit à un échec' (QT encourages and reacts to failure) is shown with a green face. 'QT félicite et applaudit' (QT congratulates and applauds) is shown with a yellow face. 'QT taquine et plaisante' (QT teases and jokes) is shown with an orange face. 'QT papote' (QT chatters) is shown with a yellow face. 'QT commente les jeux' (QT comments on the games) is shown with a blue face. 'QT écrit' (QT writes) is shown with a purple face. 'QT questionne et fait réfléchir' (QT questions and makes think) is shown with a blue face. 'QT interagit avec l'adulte' (QT interacts with the adult) is shown with a purple face. 'QT identifie les sentiments' (QT identifies feelings) is shown with a purple face.

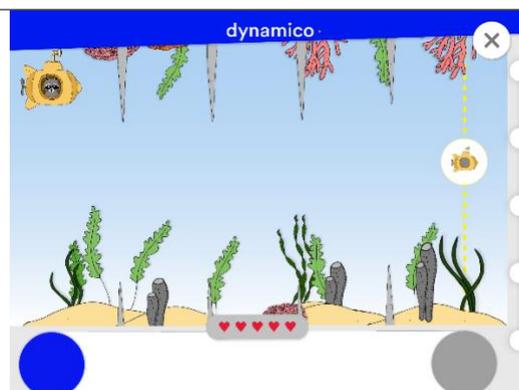
Info icon

**ANNEXE F: Le logiciel Dynamico et ses jeux sérieux.**

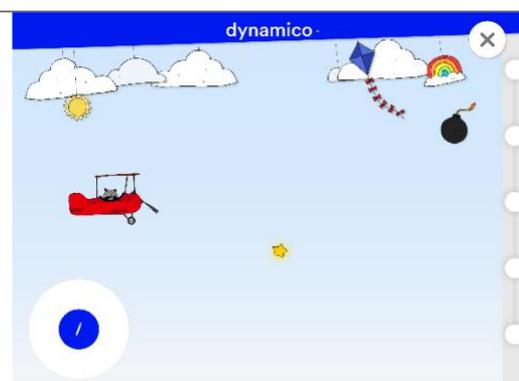
**Poursuite**



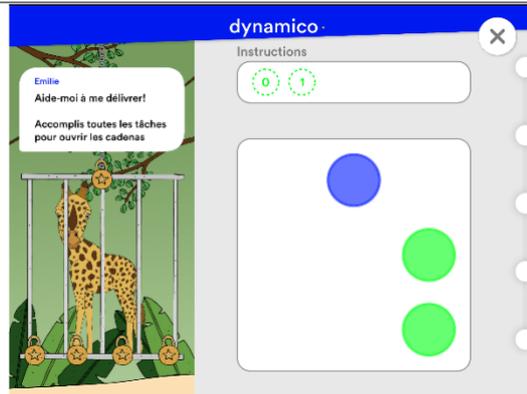
**Pression**



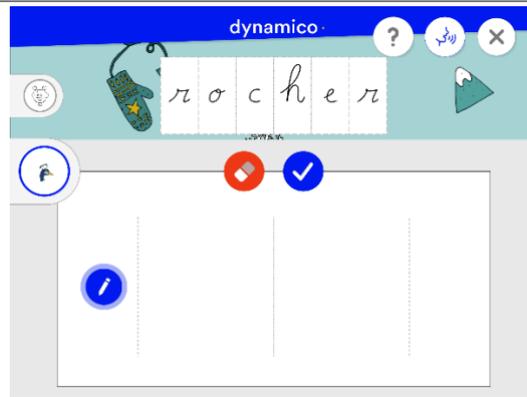
**Tilt**



**Twister**



**Co-writer**



## **ANNEXE G: Questions posées aux entretiens semi-directifs**

- 1) Est-ce que tu peux me raconter les séances que tu as faites ?
- 2) Est-ce qu'il y a des choses qui t'ont surprises ?
- 3) Est-ce qu'il y a des choses qui t'ont marqué(e)s ?
- 4) Est-ce que tu as raconté à tes copains ou tes copines ?
- 5) Est-ce que tu as envie de venir faire les séances ? Pourquoi ?
- 6) Pourquoi tu étais d'accord pour participer ?
- 7) Est-ce que c'est comme tu imaginais ou c'est différent ? En quoi ?
- 8) Tu le trouve comment QT ? Pourquoi ? Des exemples ?
- 9) Comment tu trouves sa façon d'agir, son comportement ?
- 10) Est-ce qu'il y a des choses qu'il pourrait mieux faire ?
- 11) Qu'est-ce que tu penses/comment tu te sens du fait que c'est toi qui apprend à écrire au robot ?
- 12) Quelle est la différence entre cette situation et quand quelqu'un t'apprend à écrire à toi ? Est-ce que tu trouves des améliorations ?
- 13) Qu'est-ce que tu proposes comme idées pour améliorer de design de QT ?

**ANNEXE H: Regroupement des codes en catégories et en thèmes.**

Thèmes	Catégories	Codes
Perception du contexte	<b>Continuer d'être content avec QT</b>	Continuer d'être content avec QT
	<b>Trouver le système ludique</b>	Trouver le système ludique
	<b>Se sentir dans une situation exceptionnelle</b>	Trouver les capacités de QT hors du commun, incroyable
		Penser que les autres enfants peuvent être jaloux
	<b>Être motivé par la nouveauté de la situation</b>	Être enthousiaste à l'idée de travailler avec un robot
		Relever l'effet de nouveauté des jeux
Relever l'effet de nouveauté du robot		
Trouver le scénario avec QT, la situation hors du commun, incroyable		
Perception du robot + Perception du contexte	<b>Être mis mal à l'aise par le robot ou le scénario</b>	Ne pas réussir à répondre à QT
		Penser que QT n'apprend pas vraiment à écrire
		Trouver le scénario avec QT, la situation avec QT bizarre
		Trouver le scénario avec QT, la situation fausse, artificielle, simulée
		Souligner l'artificialité de QT
		Souligner la répétitivité de QT
		Trouver que le délai de réaction de QT est trop long
		Se sentir confus(e) dans l'interaction avec QT
		Se sentir sous les regards (des autres)
		Être énervé(e) par QT
Perception du robot	<b>Vouloir que QT possède une identité, au même sens qu'un être humain, correspondante à leurs souhaits</b>	Vouloir que QT me donne un surnom (au participant)
		Avoir envie de voir QT s'animer / être vivant / être proche de l'humain
		Vouloir modifier l'apparence de QT
		Vouloir que QT ait une identité plus spécifique, claire
		Vouloir que QT réponde dès qu'on le voit
	<b>Offrir une identité et des capacités au robot</b>	Penser que le robot me reconnaît [le participant]
		Donner un surnom à QT
		Souligner le dialogue avec QT (il "parle")
		Comparer le robot à d'autres "assistant virtuel"
		Apprécier que QT utilise mon prénom (celui du participant)
	<b>Apprécier la prévenance supposée du robot</b>	Apprécier les comportements de QT
		Apprécier d'être avec QT
		Penser que QT est à l'écoute
		Penser que QT est tolérant face aux difficultés des enfants
		Trouver QT gentil et/ou mignon

		Trouver QT poli
		Se sentir bien
		Se sentir accepté(e) par QT
		Apprécier d'être félicité par QT
		Apprécier l'apparence ou les caractéristiques "physiques" de QT
<b>Perception du robot + Enjeux personnels</b>	<b>Se projeter dans QT</b>	Se projeter dans QT
	<b>Situer le rôle de chacun dans le scénario</b>	Désigner le/la thérapeute comme le/la directeur/directrice dans le scénario avec QT
		Se sentir comme un(e) enseignant(e)
		Qualifier QT d'élève
	Vouloir faire le/la maître(sse)	
<b>Enjeux personnels</b>	<b>Être sensible au rôle occupé dans la relation avec QT</b>	Avoir le sentiment d'apprendre / de s'améliorer
		Jouer à tour de rôle avec QT
		Apprécier d'avoir l'impression de travailler en équipe avec QT
		Avoir le sentiment d'aider QT
		Avoir le sentiment d'un apprentissage réciproque / d'une réciprocité avec QT
		Avoir le sentiment d'apprendre au robot
		Avoir le sentiment de travailler avec le robot
		Situer QT dans les jeux
		Avoir envie de faire les séances
	<b>Être hésitant dans sa perception de la situation</b>	Relativiser son opinion
		Se contredire
		Trouver des excuses à QT (pour ses erreurs)
		Ne pas être sûr(e) que QT entende vraiment
	<b>Se sentir responsabilisé(e)</b>	Se sentir responsabilisé(e)
<b>Chercher du lien social</b>	Dire ne pas aimer être seul€	
	Se sentir remplaçable	
	Souhaiter avoir plusieurs "élèves-robots"	

## **RÉSUMÉ**

Nous proposons à travers ce mémoire d'étudier l'apport d'un nouvel outil technologique dans la prise en charge des enfants présentant un trouble de l'écriture. Cet outil est composé d'un robot doté de compétences sociales et d'un logiciel sur une tablette contenant des jeux spécifiques au développement de l'écriture. Le protocole proposé aux enfants est composé de neuf séances hebdomadaires, en individuel, avec la présence du robot social et de leur psychomotricienne. Deux enfants, présentant un trouble de l'écriture et âgés de 8 et 11 ans, ont accepté de participer à cette recherche dans l'intention d'aider le robot social à améliorer sa qualité graphique grâce au jeu du logiciel, mis à leur disposition. Les résultats de cette étude expérimentale révèlent que l'effet de nouveauté de la situation diminue au fur et à mesure des séances. Toutefois, le fait d'aider ce robot, qui a autant de difficultés que les enfants, joue un rôle fondamental sur leur motivation et leur engagement. Cet outil possède des bienfaits et pourrait être un outil supplémentaire adapté pour certains enfants présentant un trouble de l'écriture. *Mots clés : Étude expérimentale – Rééducation de l'écriture - Trouble de l'écriture - Robot social - Motivation.*

## **ABSTRACT**

Through this paper, we intend to study the contribution of a new technological tool to the psychomotor intervention of children with handwriting disorders. This tool combines a robot, that possesses social skills, and a software installed on a tablet that contains games, specific to the development of handwriting skills. The protocol was suggested to children with handwriting disorders and includes nine individual sessions, on a weekly basis, with the presence of the social robot and their psychomotor therapist. Two children of 8 and 11 years old agreed to participate in this research with the intention of helping the social robot improve his handwriting quality while using the games mentioned earlier. The results of this experimental study show that the novelty effect diminishes over the first few sessions. However, the fact that robot needs the children's help plays a fundamental factor that boosts the children's motivation and engagement. This tool has showed its benefits and might be an supplementary tool, suited for some children throughout the psychomotor intervention of handwriting difficulties. *Key words: Experimental study – Handwriting reeducation - Handwriting disorders – Social robot – Motivation.*