

THÈSE DE DOCTORAT

Soutenue à Aix-Marseille Université
le 05 février 2021 par

Maëla Trémaud

**Les outils numériques sont-ils plus adaptés que
les outils traditionnels pour développer les
compétences socio-communicatives et
adaptatives d'enfants avec un Trouble du Spectre
de l'Autisme : Etudes longitudinale, avec micro-
analyse des comportements et en eye-tracking**

Discipline

Psychologie

Spécialité

Psychologie du développement

École doctorale

356 – Cognition, Langage, Education

Laboratoire/Partenaires de recherche

Centre de Recherche en Psychologie de la
Connaissance, du Langage et de l'Emotion
(Centre PsyCLÉ, EA 3273)

Centre de Formation et de Recherche (CFR),
Adapei des Pyrénées-Atlantiques

• **Composition du jury**

• **Marie-Hélène PLUMET** **Rapporteuse**

• MCF et HDR, Université de Paris

• **Minna PUUSTINEN** **Rapporteuse**

• Pr, INSHEA Suresnes

• **Bruno GEPNER** **Examineur**

• Docteur en médecine et HDR,

• Aix-Marseille Université

• **Yuska Paola AGUIAR** **Examinatrice**

• Pr, Université Fédérale de Paraíba

• Brésil

• **Jean-Louis ADRIEN** **Président du jury**

• Pr Emérite, Université de Paris

• **Carole TARDIF** **Directrice de thèse**

• Pr, Aix-Marseille Université

Affidavit

Je soussignée, Maëla Trémaud, déclare par la présente que le travail présenté dans ce manuscrit est mon propre travail, réalisé sous la direction scientifique de Carole Tardif, dans le respect des principes d'honnêteté, d'intégrité et de responsabilité inhérents à la mission de recherche. Les travaux de recherche et la rédaction de ce manuscrit ont été réalisés dans le respect à la fois de la charte nationale de déontologie des métiers de la recherche et de la charte d'Aix-Marseille Université relative à la lutte contre le plagiat.

Ce travail n'a pas été précédemment soumis en France ou à l'étranger dans une version identique ou similaire à un organisme examinateur.

Fait à Aix-en-Provence, le 6 novembre 2020



Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Résumé

Dans un contexte où l'offre apportée par la technologie numérique est de plus en plus importante et diversifiée auprès du public avec TSA, la demande des usagers et des aidants à des fins d'accompagnement est de plus en plus grande. Une première étude longitudinale a ainsi pour objectif de tester l'effet d'interventions prenant appui sur l'outil numérique (doté d'applications adaptées au public avec TSA, Amikeo Société Auticiel[®]) comparativement à celles ayant recours à des outils traditionnels sur les compétences socio-communicatives et adaptatives de 22 enfants avec TSA et TDI associé répartis en 2 groupes (outil numérique *versus* traditionnel). Au terme d'une année de travail, les résultats montrent que les enfants ayant bénéficié de l'outil numérique ont des scores significativement plus élevés que ceux ayant bénéficié de l'outil traditionnel. La qualité de l'outil numérique, mesurée à l'aide d'un outil d'évaluation que nous proposons (l'AutismGuide), semble entretenir des liens avec l'évolution des performances des enfants. Dans une seconde étude transversale menée auprès de 44 enfants avec TSA et TDI associé, l'effet d'une application (Logiral[™]) permettant de ralentir des scènes visuelles, a été mesuré sur les comportements, l'exploration visuelle et la compréhension des enfants, à l'aide d'une micro-analyse comportementale et de mesures oculométriques. Nous observons une diminution significative des comportements inadaptés lors de la présentation ralentie des scènes animées, une amélioration de la compréhension du contenu contextuel mais pas du contenu émotionnel des scènes, sans pour autant obtenir une amélioration des patterns d'exploration visuelle.

Mots clés : enfants avec TSA et TDI associé ; tablette tactile ; applications numériques ; supports éducatifs ; compétences socio-communicatives et adaptatives ; étude longitudinale ; logiciel de ralentissement (Logiral[™]) ; micro-analyse comportementale ; eye-tracking

Abstract

In the current context where the offer of digital technology for people with ASD is increasingly growing and getting more diverse, the demand from the users and their caregivers is growing. The aim of this first longitudinal is to test the effects of interventions using digital tools (applications for children with ASD, Amikeo Auticiel®) in comparison of interventions using traditional tools on socio-communicative and adaptive skills of 22 children with mild to severe ASD, associated with intellectual development disorder separated into two groups (digital tools and traditional tools). After a year of work, results show that children with ASD from the group using the digital technology had significantly higher score than children with ADS from the group using traditional tools. The quality of the digital tool assessed using an assessment tool that we offer (AutismGuide), seems to have links with the children's skills. Furthermore, in a second study with 44 children with ASD and intellectual development disorder, the effect of an application (Logiral™) allowed to slow visual scenes, was assessed on the behaviours, the visual exploration and the understanding of these children, using a behavioural micro-analysis and oculometric measurements. Results show a significant decline of maladaptive behaviours when the visual scenes are slowed, an increase of the ability to understand questions about the contextual content, but not the emotional content of the visual scenes. No improvement was found on the visual exploration patterns.

Keywords: children with ASD and intellectual development disorder associated; touch pad; digital application; educational support; socio-communicative and adaptive skills; longitudinal study; slowdown software; behavioral micro-analysis; eye-tracking

Remerciements

Je tiens tout d'abord à adresser mes remerciements à ma directrice de thèse, **Carole Tardif**. Merci pour votre confiance et de m'avoir permis de réaliser cette thèse dans de telles conditions. Je ne vous remercierai jamais assez pour votre investissement durant ces trois années et ces nombreuses heures passées à mes côtés (et à distance !) à remettre de l'ordre dans mes idées, à m'amener plus loin dans mes réflexions, ou encore à m'épauler dans ma rédaction.

Je souhaite aussi remercier chaleureusement **François Lalanne** et **Anne-Marie Cavret** pour leur confiance. Merci d'avoir accepté de vous lancer avec moi dans cette folle aventure. Cette première ne vous a pas effrayé car à l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques, on rend possible les possibles !

Je remercie également les membres du jury qui me font l'honneur d'évaluer ce travail : merci à **Marie-Hélène Plumet** et **Minna Puustinen**, qui ont accepté de lire et d'évaluer ce travail de recherche en tant que rapporteurs ; merci à **Yuska Aguiar** et **Bruno Gepner** d'avoir examiné ce travail, ; ainsi qu'à **Jean-Louis Adrien** d'avoir accepté de présider ce jury de thèse.

Je voudrais aussi adresser mes remerciements à **Raphaele Tsao** et **Marie-Laure Barbier**, membres de mon comité de suivi de thèse, pour votre travail de collaboration au cours de ces années et vos questionnements et retours pertinents qui m'ont permis d'approfondir mon travail de recherche.

Je remercie du fond du cœur **les enfants avec TSA** ayant participé à cette recherche. J'ai beaucoup appris grâce à vous. Merci à **leurs familles**, qui m'ont fait confiance. Sans vous, ce travail n'aurait pas pu voir le jour.

Un énorme merci aux associations partenaires et leurs structures d'accueil qui ont aussi largement contribué à ce travail : **l'Adapei des Hautes-Pyrénées**, **l'Adapei des Landes** et les **Pupilles de l'Enseignement Public des Landes**. Je souhaite remercier chaleureusement les **professionnels** remarquables de chacune de ces équipes pour leur accueil, leur investissement et leur engagement dans cette recherche. Pour l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques, merci aux équipes de l'IME Georgette-Berthe, du SESSAD les Petits Princes, de

l'Unité d'Enseignement Maternelle et de l'Unité d'Enseignement Externalisé. Pour l'Adapei des Hautes-Pyrénées, merci aux équipes de l'IME Les Hirondelles et de l'UEM de Barbazan-Débat. Pour l'Adapei des Landes, merci aux équipes du SESSAD de Mont de Marsan et du SESSAD TED. Pour les Pupilles de l'Enseignement Publique des Landes, merci à l'équipe de l'Unité d'Enseignement Maternelle Autisme. Je sais bien que ce n'était pas toujours simple, mais votre volonté de bien faire nous a permis de surmonter bien des défis !

J'adresse également mes remerciements à la Société Auticiel ®, notamment à **Sarah Cherruault-Anouge** et **Julie Renaud-Mierzejewski**, pour la qualité de nos échanges et de notre travail de collaboration ainsi que pour toute l'énergie que votre équipe déploie dans la création d'outils numériques correspondant aux besoins de personnes en situation de handicap.

Je remercie **Thomas Arciszewski** et **Jean-Baptiste Pavani** pour leur « coaching statistique » et leurs précieux conseils. Mais surtout merci pour votre patience, car de la patience, il en fallait face à mes nombreuses questions et ces analyses statistiques qui n'en finissaient plus ! Merci infiniment pour l'aide apportée.

Mes « PsyClé Girls TSA », merci pour votre bienveillance et pour tous ces bons moments passés ensemble, tant professionnels qu'amicaux, vous êtes mes plus belles rencontres de ces trois dernières années. **Anaïs**, merci pour ton « coaching » de thèse, tes encouragements et ton aide précieuse au cours d'interminables réunions de travail, à chacune des étapes de cette thèse. **Yuska**, merci pour cette force que tu as su me communiquer durant ces trois années. Il n'y a qu'avec toi que je peux apprécier autant de travailler durant des heures interminables derrière un écran, à quelques milliers de kilomètres l'une de l'autre...

Marie, Margaux, qui aurait cru qu'après cette rencontre sur les bancs de l'Université de Bordeaux, nous nous retrouverions toutes les trois à Aix en Provence !? **Marie** (ma coloc !), merci infiniment pour ton immense générosité durant ces trois années, pour ta disponibilité, ton écoute, ta bienveillance et les voyages que tu m'as fait vivre à travers tes récits et photos. Et quel bonheur de pouvoir partager ces soirées avec toi autour de quelques épisodes de You et d'un délicieux PokeBowl ! **Margaux**, merci pour ces échappatoires autour de soirées marseillaises que tu me permettais de vivre à chacune de mes venues mais surtout, merci

d'être mon amie depuis toutes ces années. C'est une réelle chance pour moi de te compter parmi mes proches, je te garde pour toujours !

Adeline, Cécile, Federica, mes copines de fac normandes ! Vous avez vu naître ce projet fou de se lancer dans une thèse... Et vous connaissez tellement bien cette aventure. Merci d'avoir partagé avec moi votre expérience, vos conseils, les bons, comme les moins bons moments. Adeline, merci d'être une véritable amie malgré la distance. Je suis tellement heureuse de tout ce qui t'arrives, tu le mérites tant. Federica, ma copine de conf ! Que ce soit au bord de la plage au Croisic ou derrière nos écrans pour un colloque virtuel, je ne pouvais pas rêver d'un meilleur partenaire pour tous ces moments !

Merci à ma copine d'amour, **Romane** d'avoir croisé mon chemin à peu près au début de cette thèse et de ne pas l'avoir quitté depuis. Quelle agréable surprise de découvrir ce petit bout de femme, si mature, attentive et bienveillante. Merci de m'avoir longuement écouté et épaulé durant toute cette période. Aie confiance en toi, peu importe le chemin dans lequel tu t'entageras, tu seras épatante !

Hélène, ma meilleure amie de toujours. Je n'aurai jamais de mots assez forts pour te remercier de m'accompagner depuis toutes ces années dans chacune des étapes de ma vie, de la cour de récré en maternelle, en passant par l'aboutissement de cette thèse, et toutes ces choses qui nous attendent encore... Je suis tellement chanceuse de t'avoir à mes côtés. Je t'aime pour toujours !

Ma tribu « atypique », merci d'être ce que vous êtes. **Mon frère et ma nièce** que j'aime plus que tout, merci pour ce bonheur que vous mettez dans nos vies. **Ma sœur**, si proches et si différentes l'une de l'autre, mais c'est notre différence qui fait notre force. Merci pour ton dynamisme, ton humour décalé, ta voix rocailleuse, et le bonheur partagé avec Naya et Laïka. Merci inifiment à **mes parents**, je ne serai jamais qui je suis sans vous. Merci de nous avoir permis de vivre nos vies, merci pour votre force, merci pour cet amour si fort que vous vous portez l'un l'autre et qui vous permet de surmonter bien des épreuves, je ne pouvais rêver de meilleurs modèles. Ma tribu, seul on avance plus vite, mais ensemble on avance plus loin, alors merci d'être là. Et n'oubliez pas : « dans la vie pour réussir il faut : travailler, travailler, travailler ».

Gaëtan, mon chouki chou... Merci de me suivre dans tous mes projets et d'avoir tout partagé : mes joies, mon enthousiasme, mes progrès mais aussi mes déceptions, mes sauts d'humeur, ou encore d'avoir supporté ces heures interminables enfermées dans le bureau. Merci pour la vaisselle, le ménage et tous ces bons petits plats, tu as tout fait pour me rendre la vie tellement plus simple. Mais surtout, merci d'être si fière de moi et de me regarder de la façon dont tu me regardes. J'ai hâte de vivre le reste de cette vie à tes côtés.

TABLE DES MATIERES

PREAMBULE	1
INTRODUCTION.....	4
CHAPITRE 1. REVUE DE LA LITTERATURE	10
1. DESCRIPTION DU TROUBLE DU SPECTRE DE L’AUTISME	11
1.1. <i>Prévalence et critères diagnostiques.....</i>	11
1.2. <i>Déficits persistants de la communication et des interactions sociales.....</i>	17
1.3. <i>Comportements, intérêts ou activités restreints et répétitifs.....</i>	21
1.4. <i>Particularités sensorielles.....</i>	22
2. MODELES EXPLICATIFS DE L’AUTISME BASES SUR LES EXPERIENCES PERCEPTIVES ET SENSORIELLES.....	33
2.1. <i>La faiblesse de la cohérence centrale et le sur-fonctionnement perceptif.....</i>	36
2.2. <i>La théorie de la probabilité bayésienne</i>	40
2.3. <i>La théorie du style d’apprentissage.....</i>	42
2.4. <i>La théorie du monde intense.....</i>	45
2.5. <i>Les Désordres du Traitement Temporo-Spatial des flux multisensoriels.....</i>	49
3. TROUBLE DU SPECTRE DE L’AUTISME ET TECHNOLOGIES NUMERIQUES	58
3.1. <i>Des technologies innovantes aux technologies numériques.....</i>	58
3.1.1. Supports technologiques et domaines d’intervention.....	59
3.1.2. Utilisation des tablettes tactiles par les personnes avec TSA	66
3.1.3. Apports des tablettes tactiles dans l’accompagnement des personnes avec TSA.....	72
3.1.3.1. Effets sur les compétences en communication.....	72
3.1.3.2. Effets sur les compétences en autonomie	75
3.1.3.3. Effets sur les compétences en socialisation	79
3.1.3.4. Effets sur des domaines complémentaires	81
3.2. <i>Choix d’un outil numérique : conception, personnalisation et évaluation</i>	86
3.2.1. Conception d’un outil numérique pour des utilisateurs avec TSA.....	86
3.2.2. Importance de l’adaptation et de la personnalisation de l’outil numérique	89
3.2.3. Critères d’évaluation de la qualité de l’outil numérique	92
3.3. <i>Présentation d’un LOGiciel de RALentissement : Logiral™.....</i>	96
3.3.1. Bénéfices du ralentissement des stimuli	98
3.3.2. Etude du traitement visuel dans le TSA à l’aide de l’oculométrie	102
3.3.3. Etude des effets du ralentissement des stimuli dynamiques sur le traitement visuel dans le TSA : travaux menés en oculométrie.....	106
CHAPITRE 2. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	110
1. PROBLEMATIQUE	110
2. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	116

3.	ETHIQUE DE LA RECHERCHE	117
----	-------------------------------	-----

CHAPITRE 3. ETUDE 1 – UTILISER L’OUTIL NUMERIQUE VERSUS L’OUTIL TRADITIONNEL POUR TRAVAILLER LES COMPETENCES EN COMMUNICATION, AUTONOMIE ET SOCIALISATION AUPRES D’ENFANTS AVEC TSA : UNE ETUDE LONGITUDINALE EN MILIEU ECOLOGIQUE **120**

1.	PREAMBULE : RAPPEL DU CADRE THEORIQUE, OBJECTIFS ET HYPOTHESES GENERALES.....	120
2.	PROCEDURE ET DESIGN EXPERIMENTAL.....	122
2.1.	<i>Elaboration de la procédure expérimentale</i>	<i>122</i>
2.2.	<i>Design expérimental.....</i>	<i>130</i>
3.	POPULATION.....	141
4.	ILLUSTRATIONS DE L’ACCOMPAGNEMENT PROPOSE AUX ENFANTS AVEC TSA AVEC ET SANS OUTIL NUMERIQUE.....	150
5.	OPERATIONNALISATION DES HYPOTHESES	156
6.	TRAITEMENTS STATISTIQUES ET RESULTATS.....	157
6.1.	<i>Effet de l’outil numérique sur le gain de performances des enfants avec TSA</i>	<i>157</i>
6.1.1.	Statistiques inférentielles	157
6.1.2.	Statistiques descriptives	161
6.1.3.	Illustrations à partir d’études de cas.....	175
6.2.	<i>Effet de la qualité de l’outil numérique sur le gain de performances des enfants avec TSA</i>	<i>194</i>
6.2.1.	Statistiques inférentielles	194
6.2.2.	Illustrations à partir d’études de cas.....	195
7.	DISCUSSION.....	212

CHAPITRE 4. ETUDE 2 – UTILISER L’OUTIL NUMERIQUE LOGIRAL TM POUR RALENTIR UN DESSIN ANIME ET TESTER L’EFFET DES VITESSES DE PRESENTATION SUR LES COMPORTEMENTS, L’EXPLORATION VISUELLE ET LA COMPREHENSION D’ENFANTS AVEC TSA : UNE ETUDE AVEC MICRO-ANALYSE DES COMPORTEMENTS ET EN EYE-TRACKING..... **229**

1.	PREAMBULE : RAPPEL DU CADRE THEORIQUES, OBJECTIFS ET HYPOTHESES GENERALES	229
2.	PROCEDURE ET DESIGN EXPERIMENTAL.....	232
2.1.	<i>Elaboration de la procédure expérimentale</i>	<i>232</i>
2.2.	<i>Design expérimental.....</i>	<i>237</i>
3.	POPULATION ET RECUEIL DES DONNEES	245
4.	OPERATIONNALISATION DES HYPOTHESES	252
5.	TRAITEMENTS STATISTIQUES ET RESULTATS.....	253
5.1.	<i>Micro-analyse des comportements</i>	<i>253</i>
5.2.	<i>Exploration visuelle à l’aide de l’oculométrie</i>	<i>259</i>
5.3.	<i>Compréhension des scènes animées</i>	<i>261</i>
6.	DISCUSSION.....	264
6.1.	<i>Effet du ralentissement sur les comportements inadaptés</i>	<i>264</i>
6.2.	<i>Effet du ralentissement sur l’exploration visuelle.....</i>	<i>267</i>

6.3. Effet du ralentissement sur la compréhension	272
CONCLUSION.....	276
BIBLIOGRAPHIE	284
LISTE DES FIGURES	316
LISTE DES TABLEAUX	320
ANNEXES.....	322

PREAMBULE

Cette thèse fait l'objet d'une Convention Industrielle de Formation par la Recherche (CIFRE, n°2017/0961) auprès de l'Association Nationale Recherche Technologie (ANRT). Dans ce contexte particulier de la CIFRE, la question posée par le partenaire « entreprise », ici l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques, qui accueille et accompagne dans ces établissements et services médico-sociaux des enfants avec TSA, est de savoir si, les interventions utilisant les nouvelles technologies notamment les outils numériques sont-elles plus adaptées que celles effectuées avec des outils traditionnels, pour travailler au développement des compétences des enfants avec TSA ? Pour répondre à cette question de l'intérêt et du choix des outils numériques qui seraient mis à disposition des enfants avec TSA des établissements de l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques si ces outils s'avéraient être pertinents pour favoriser les apprentissages, le Centre de Formation et de Recherche de l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques a souhaité réaliser une étude. C'est donc dans ce contexte que le projet de thèse a été élaboré afin de tester l'impact de l'outil numérique en comparaison à l'outil traditionnel sur le développement des compétences des enfants avec un TSA, dans le but ensuite de pouvoir guider les professionnels et les familles dans les choix d'outils accompagnement et proposer ainsi des pour que les interventions soient les plus ajustées possibles aux besoins des usagers. Pour répondre à ces demandes, nous avons construit un projet qui repose sur la collaboration entre trois principaux partenaires (Figure 1, et convention de collaboration Annexe 1) :

- Le Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PsyCLÉ EA.3273 d'Aix-Marseille Université), avec ma directrice de thèse Carole Tardif, impliquée dans la recherche fondamentale et appliquée pour promouvoir des travaux aux bénéfices des personnes avec un TSA.

Ses travaux de recherche s'inscrivent dans le champ de la psychopathologie développementale et visent d'une part, à mieux comprendre les altérations de certaines fonctions développementales, notamment de la communication sociale et du traitement des informations sensorielles, émotionnelles ou perceptives dans le TSA, et d'autre part, à tenter d'y remédier grâce au développement d'applications ou outils d'aide à la communication. En

tendant de répondre à la question de l'usage des outils numériques en comparaison aux outils traditionnels auprès du public avec TSA, le Centre de recherche PsyCLÉ souhaite, par la production de connaissances sur les effets de l'usage ce type d'outils auprès du public avec TSA au regard de leurs particularités de fonctionnement, éclairer les professionnels et aidants sur les stratégies et choix d'accompagnement à adopter.

- L'Association Départementale des Parents et Amis de Personnes Handicapées Mentales (Adapei) des Pyrénées-Atlantiques (64), qui a pour objectif principal de créer des structures adaptées à l'accueil de personnes en situation de handicap et qui est impliquée dans l'accompagnement de ces personnes et de leurs familles.

Portée par sa volonté d'être une Association Apprenante, l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques souhaite, en s'inscrivant dans ce type de dispositif, adopter une démarche prospective pour anticiper et s'adapter aux évolutions et permettre à chaque acteur d'être porteur d'innovation. Elle a inscrit dans les orientations politiques de son projet associatif l'orientation 12 "Développer la Recherche et l'Innovation" afin de créer des espaces de recherche, d'expérimentations et d'innovation. En contribuant à des projets de recherche tel que celui-ci portant sur l'usage du numérique auprès du public avec TSA, l'Association souhaite être attentive aux évolutions en termes d'innovations et d'expérimentations dans le but d'améliorer le parcours de vie des personnes concernées par le TSA tout en répondant à leurs besoins spécifiques d'accompagnement. L'Adapei des Pyrénées Atlantiques est également convaincu que ces recherches ne seront pas seulement utiles aux personnes avec TSA, mais également à bon nombre de personnes présentant des difficultés socio-communicatives accueillies dans ses établissements et services.

- Moi-même, psychologue du développement auprès d'enfants avec TSA, investie dans la réflexion d'un accompagnement de qualité auprès des personnes avec TSA.

Titulaire d'un diplôme de psychologue du développement (Master 2 Professionnel et Recherche, Université de Rouen), ainsi que d'une spécialisation dans l'accompagnement des personnes porteuses d'un TSA (Master 2, Université de Rouen) (CV Annexe 2), une question anime ma pratique : pouvons-nous nous saisir des technologies numériques, si présentes dans

notre quotidien et celui des personnes avec TSA, pour les accompagner au mieux et leur permettre de développer leurs compétences ?

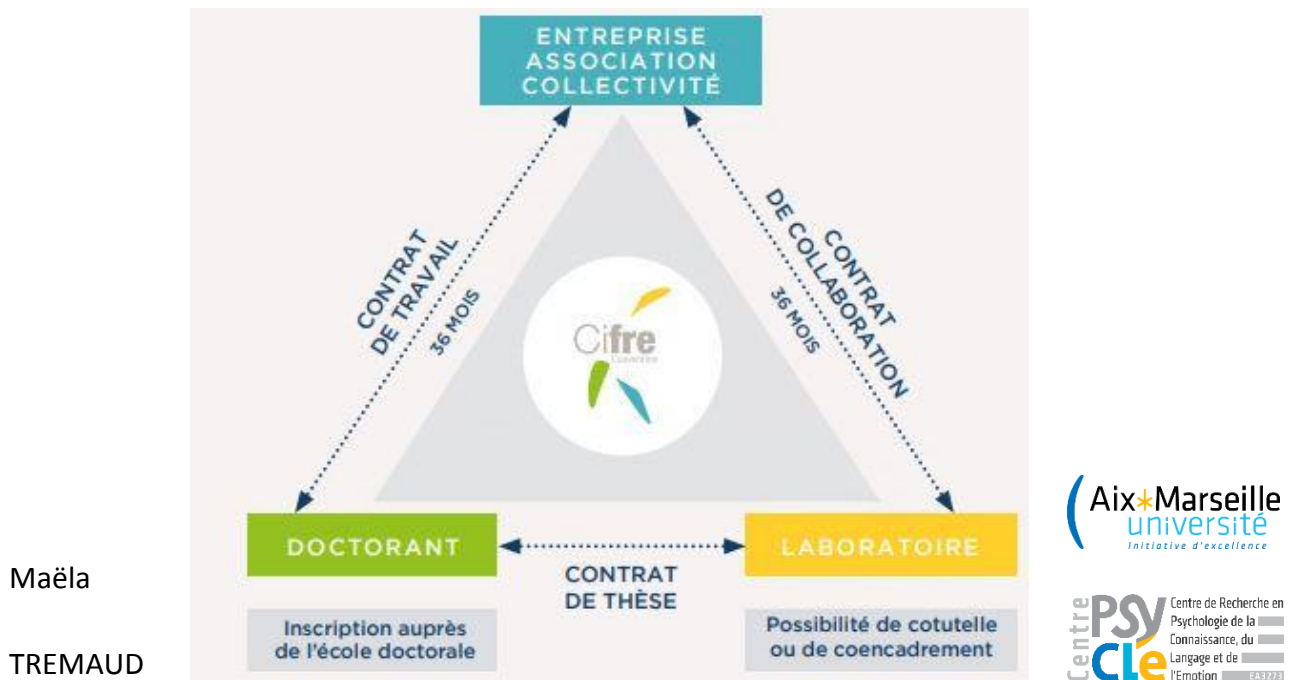


Figure 1. Acteurs dans le cadre d'une bourse CIFRE et de la bourse CIFRE n°2017/0961

Ainsi, ensemble, nous avons souhaité mettre en œuvre un projet de recherche collaboratif visant à tester l'impact de l'utilisation d'un outil numérique auprès d'enfants avec TSA sur le développement de leurs compétences.

INTRODUCTION

Le Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) est un trouble neurodéveloppemental qui se manifeste par des déficits de la communication sociale, et un caractère restreint et répétitif des comportements, intérêts ou activités (DSM-5, APA). Ces altérations de la communication sociale s'observent très tôt dans le développement de l'enfant ayant un TSA et les intérêts et comportements restreints et répétitifs concernent un large spectre de comportements (Bargiacchi, 2011). Depuis 2013, le TSA est également défini par la présence d'une hyper ou hyporéactivité aux stimulations sensorielles mettant ainsi en exergue l'existence de particularités sensorielles chez 45 à 97% des personnes présentant un TSA (Ben-Sasson et al., 2009 ; Degenne-Richard, 2014 ; Dellapiazza et al., 2018 ; Stanciu & Delvenne, 2016). Ces dernières sont très largement présentes dans les témoignages des personnes avec TSA (Williams, 1992 ; Grandin, 1992 ; Grandin et Scariano, 1986), mais aussi dans la littérature, à travers les modèles ou théories de la faiblesse de cohérence centrale (Weak Central Coherence, Frith, 1989 ; Happé & Frith, 2006), du sur-fonctionnement perceptif (Enhanced Perceptual Functioning, Mottron & Burack, 2001), de la probabilité bayésienne (Bayesian probability, Pellicano & Burr, 2012), du style d'apprentissage (Learning-style, Qian & Lipkin, 2011), du monde intense (Markram & Markram, 2010), ou des Désordres du Traitement Temporo-Spatial des flux multisensoriels (DTTS, Gepner, 2014). Ce dernier modèle pointe les anomalies du traitement sensoriel et perceptif comme étant au cœur des difficultés de communication sociale et comportementales du TSA. En effet, ce modèle repose sur deux constats : premièrement, les personnes avec TSA présentent des particularités perceptives et sensorielles, notamment au niveau visuel et auditif, qui s'observent à tout âge et dans les différents degrés de sévérité du TSA ; deuxièmement, ces troubles participent en cascade aux désordres de la communication verbale et non verbale, et aux difficultés d'interactions sociales (Gepner, 2014). Autrement dit, ces désordres multisensoriels, et plus particulièrement visuels et auditifs, génèrent des difficultés du traitement de l'information véhiculée entre les individus lors des échanges, et donc des défauts d'ajustement dans les interactions et communications sociales (Gepner et Tardif, 2009). Afin d'accompagner au mieux les personnes avec TSA en leur permettant de développer leurs compétences socio-

communicatives et adaptatives au regard de ces particularités de traitement perceptif et sensoriel, les auteurs ont proposé l'utilisation d'un logiciel de ralentissement (Logiral™, Tardif & Gepner, 2012, 2014) permettant de ralentir le son et l'image de films présentés sur ordinateurs ou tablettes, afin que les usagers bénéficient de plus de temps pour traiter les informations et tenter ainsi de mieux les comprendre, mieux y répondre et/ou mieux s'y ajuster. Ce logiciel de ralentissement s'inscrit dans une démarche d'accompagnement des personnes avec TSA par une utilisation des outils numériques, ces derniers étant de plus en plus proposés au public en situation de handicap.

Les interventions prenant appui sur les outils numériques se sont en effet développées auprès du public avec TSA à des fins éducatives, pédagogiques et d'accompagnement pour les apprentissages (Koumpouros & Kafazis, 2019 ; O'Neill et al., 2019). Parmi ces technologies numériques, les tablettes tactiles avec leurs applications s'avèrent être intéressantes pour plusieurs raisons : les stimulations sensorielles non pertinentes sont réduites (Murray, 1997) ; leurs caractéristiques répondent aux spécificités de traitement perceptif et temporel observées dans l'autisme et évitent les difficultés inhérentes à l'interaction avec autrui (Virole, 2014) ; elles favorisent une augmentation de la motivation comparativement à des supports traditionnels (Amar et al., 2012), mais aussi une plus grande implication (Fletcher-Watson et al., 2015), et facilitent le développement des apprentissages (Battocchi et al., 2009). Un certain nombre d'études s'est alors intéressé à l'effet de l'utilisation de ces outils dans les programmes d'intervention auprès du public avec TSA et montre l'intérêt d'utiliser ces applications pour travailler des compétences considérées comme altérées dans le TSA, à savoir notamment la communication (Achmadi et al., 2012 ; Alzayer et al., 2014 ; Birtwell et al., 2019 ; Flores et al., 2012 ; Kagohara et al., 2010, 2013 ; Kagohara, van der Meer, et al., 2012 ; Xin & Leonard, 2015), l'autonomie (Cihak et al., 2010 ; Hammond et al., 2010 ; Kagohara, 2011 ; Kagohara et al., 2011 ; Mercier et al., 2018 ; Pérez-Fuster et al., 2019), ou la socialisation (Fletcher-Watson et al., 2016 ; Gal et al., 2009 ; Holt & Yuill, 2017 ; Hourcade et al., 2012 ; Piper et al., 2006). Cependant, même si ces études montrent le potentiel des outils numériques, elles présentent aussi des limites : elles sont menées auprès de petits échantillons (inférieur à 9 sujets dans la majorité des études) ; elles ne testent pas la comparaison entre les effets des outils numériques et ceux obtenus avec un outil traditionnel

(Grossard & Grynszpan, 2015) ; elles sont essentiellement menées auprès de personnes avec TSA présentant un quotient intellectuel moyen ou supérieur à la moyenne (Grynszpan et al., 2014) alors que le TSA s'accompagne d'une déficience intellectuelle dans 50 à 70% des cas (Tardif & Gepner, 2019). De plus, face à la diversité des outils numériques déjà disponibles, choisir une application numérique adaptée aux besoins de la personne avec TSA est un défi vécu par les différents aidants, alors même qu'il est extrêmement difficile de supposer que toutes les applications sont égales (Allen et al., 2016). Face à cette difficulté, l'adoption de méthodes d'évaluation de ces applications basées sur des guides de recommandations (Nielsen, 1994) pourrait aider les aidants à choisir l'outil numérique le plus adapté aux besoins de la personne qu'ils accompagnent.

C'est pourquoi, compte tenu de cet état de l'art sur l'apport des outils numériques pour le public avec TSA, nous avons souhaité mener une première étude qui a pour objectif de tester l'impact de l'utilisation d'un outil numérique sur le développement des compétences en communication, autonomie et socialisation d'enfants avec TSA et déficience intellectuelle associée, lors de séances de travail hebdomadaires pendant une année, en milieu écologique c'est-à-dire dans leur établissement d'accueil. L'enjeu de cette étude longitudinale est d'explorer, auprès de ces enfants, les effets de l'utilisation d'un outil numérique, la tablette tactile AMIKEO, que nous avons choisie car elle est dotée d'applications spécifiques et adaptées au public avec TSA (développées par la Société Auticiel ®). Elle permet de travailler des compétences socio-communicatives et adaptatives qui sont particulièrement limitées dans la population d'enfants présentant un TSA et une déficience intellectuelle associée, au moyen d'applications telles que Voice TM pour travailler la communication, Séquence TM pour travailler l'autonomie, ou Social Handy TM pour travailler la socialisation. Les effets de l'utilisation de ces applications sont comparés aux effets de l'utilisation d'outils classiques permettant de travailler les mêmes compétences que celles pré-citées, et reposant par exemple sur un classeur de communication pour travailler la communication, des séquences visuelles en images pour travailler l'autonomie, ou encore des jeux éducatifs pour travailler la socialisation. De plus, dans ce contexte où l'offre apportée par la technologie numérique auprès du public avec TSA à des fins d'accompagnement est de plus en plus diversifiée et massive, choisir une application numérique adaptée aux besoins des personnes avec TSA est

difficile, alors même que nous pouvons légitimement penser que le choix de cet outil peut avoir des effets sur la qualité de leurs apprentissages. Afin de les guider dans cette démarche, cette première étude vise également, à partir d'une collaboration entre des professionnels en Sciences Humaines et Sociales et des professionnels en Sciences Informatiques, à proposer une démarche d'évaluation des outils numériques, en cohérence avec les méthodologies d'inspection des interfaces numériques (Scapin & Bastien, 1996). Cette démarche d'évaluation doit nous permettre de mesurer la qualité d'une application pour un public avec TSA et d'explorer les liens entre la qualité de l'outil numérique et les progrès des enfants, au terme d'une année d'utilisation de la tablette AMIKEO et de ces applications.

Pour notre seconde étude, nous avons souhaité, parmi les applications AMIKEO, nous intéresser aussi à l'application LogiralTM (Tardif & Gepner, 2014) car elle a été conçue et adaptée afin d'améliorer les particularités de traitement perceptif et sensoriel du public avec TSA, synthétisées dans le modèle des Désordres du Traitement Temporo-Spatial (Gepner, 2014). Cette application, qui permet de ralentir le son et l'image de films présentés sur un écran, a été conçue afin de permettre aux personnes avec TSA de bénéficier de plus de temps pour traiter les informations. L'utilisation du ralentissement a fait l'objet de plusieurs études qui montrent de meilleures performances à des tâches de reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles et non émotionnelles (Gepner et al., 2001 ; Tardif et al., 2007), d'écriture (Godde, 2017), d'imitation (Lainé et al., 2011), de traitement d'informations auditivo-verbales (Tardif et al., 2002), ainsi qu'une augmentation de l'attention et une diminution des comportements inadaptés (Charrier, 2014 ; Meiss et al., 2015). Cependant, parmi ces études, et de façon générale dans la littérature, les investigations portant sur les effets du ralentissement auprès d'enfants présentant un TSA, associée à une déficience intellectuelle, restent encore rares. De plus, les travaux portant sur les effets du ralentissement sur les comportements d'exploration visuelle menés en oculométrie sont encore restreints (Charrier, Tardif et Gepner, 2016 ; Tardif, Charrier et Gepner, 2016 ; Cilia et al., 2017 ; Gepner et al., 2020 ; Godde, 2017), alors qu'il nous semble essentiel de poursuivre les recherches au vu de l'intérêt de cette technique non invasive, nécessitant ni consigne ni réponse verbale, et donc très appropriée auprès d'enfants non verbaux ou en difficulté sur le plan cognitif (Cilia et al., 2018). En effet, l'enregistrement des mouvements oculaires permet

d'apporter des éclairages précieux sur le traitement visuel dans le TSA, que l'on sait atypique (pour une revue, voir la méta-analyse de Frazier et al., 2017), et nous souhaitons avec cette seconde étude contribuer à tester l'effet du ralentissement sur les comportements, l'exploration visuelle, et la compréhension d'enfants avec TSA visionnant des dessins animés dans plusieurs vitesses de présentation. L'enjeu de cette seconde étude est donc de mesurer l'impact du ralentissement (1) sur les comportements des enfants à l'aide d'une micro-analyse comportementale effectuée sur les films enregistrés lorsque les enfants regardent les dessins animés présentés dans différentes vitesses, (2) sur leur exploration visuelle des dessins animés à l'aide de l'oculométrie (technique d'eye-tracking), (3) sur leur compréhension du contenu de ces scènes à l'aide de questions/réponses. Les deux techniques (micro-analyse des comportements et oculométrie) ont été choisies pour ce public d'enfants porteurs d'un TSA et d'une déficience intellectuelle associée car elles permettent, de façon complémentaire, d'observer et d'analyser finement et systématiquement les manifestations comportementales visuelles, verbales et non verbales.

Pour répondre à l'objectif général de la thèse qui est de tester les effets d'interventions prenant appui sur les outils numériques, les tablettes tactiles et leurs applications, comparées à des interventions avec supports classiques menées auprès d'enfants avec TSA, dans un contexte à fort enjeu sociétal où la demande des usagers et des aidants est grande, nous menons les deux études préalablement introduites. La thèse est ainsi structurée autour de ces deux études et comprend quatre chapitres, en plus de l'introduction et de la conclusion. Le chapitre 1 présente le contexte théorique dans lequel se situe notre travail, avec une description du TSA, une présentation des modèles explicatifs de l'autisme basés sur les expériences perceptives et sensorielles, et l'usage des technologies numériques dans le TSA. La problématique, les objectifs de la recherche et les aspects éthiques seront abordés dans le chapitre 2. Les deux études qui composent cette thèse seront ensuite présentées dans les chapitres 3 et 4 comportant respectivement l'étude 1 intitulée « Utiliser l'outil numérique *versus* l'outil traditionnel pour travailler les compétences en communication, autonomie et socialisation auprès d'enfants avec TSA : une étude longitudinale en milieu écologique » et l'étude 2 intitulée « Utiliser l'outil numérique Logiral™ pour ralentir un dessin animé et tester l'effet des vitesses de présentation sur les comportements, l'exploration visuelle et la

compréhension d'enfants avec TSA : une étude avec micro-analyse des comportements et en eye-tracking ». Dans chacun de ces chapitres 3 et 4, nous présenterons pour chaque étude la procédure et le design expérimental, la description de la population, les hypothèses et leur opérationnalisation, le recueil des données, les traitements statistiques et les résultats, qui seront discutés au regard des données de la littérature. En effet, pour faciliter la lecture des deux études qui reposent sur des méthodologies différentes d'une part, et compte tenu de la densité des résultats pour chacune d'elle d'autre part, nous avons fait le choix de mener la discussion tout de suite après la présentation des résultats de chaque étude, plutôt qu'une discussion générale. Nous pointerons également les limites de chacune de nos études dans les chapitres 3 et 4, et proposerons des perspectives de recherche.

CHAPITRE 1. Revue de la littérature

Le Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) est un trouble neurodéveloppemental qui se caractérise par des anomalies qualitatives de la communication sociale ainsi que par la présence de comportements restreints et répétitifs (DSM-5, American Psychiatric Association, 2013). Ces difficultés affectent considérablement le quotidien des personnes avec TSA. Pour tenter d'y remédier, nous avons voulu dans le cadre de cette recherche, évaluer les effets d'interventions utilisant un outil numérique, en comparaison à un outil traditionnel sur l'évolution de certaines compétences considérées comme altérées (notamment en communication, autonomie et socialisation) et qui seront étudiées dans cette thèse. Dans cette optique, cette revue de littérature visera à présenter les principales caractéristiques du trouble par lesquelles, les particularités sensorielles car elles affectent les apprentissages. Ainsi, partant de constat, les modèles explicatifs de l'autisme basés sur les particularités perceptives et sensorielles seront exposés (faiblesse de cohérence centrale, Frith, 1989 ; sur-fonctionnement perceptif, Mottron & Burack, 2001 ; probabilité bayésienne, Pellicano & Burr, 2012 ; style d'apprentissage, Qian & Lipkin, 2011 ; monde intense, Markram & Markram, 2010). Parmi ces modèles, nous nous intéresserons particulièrement au modèle des Désordres du Traitement Temporo-Spatiale (DTTS, pour une revue cf. Gepner, 2014) qui rend compte d'anomalies de la perception et du traitement de la dynamique temporelle rapide de stimuli sensoriels car, pour palier à ces difficultés, une piste semble prometteuse : l'utilisation d'un logiciel de ralentissement et donc plus globalement une aide aux apprentissages et à la communication en ayant recours aux technologies numériques en appui aux accompagnements proposés aux enfants avec TSA. En effet, le développement croissant du numérique depuis les années 2000 a considérablement changé nos vies mais aussi celles des personnes avec TSA (Vandromme, 2018) ainsi que la clinique de l'autisme (Nadel, 2017). Nous présenterons donc une revue détaillée de la littérature sur la question du numérique et du trouble du spectre de l'autisme, en nous focalisant spécifiquement sur l'usage des tablettes tactiles et de leurs applications car ces outils semblent particulièrement adaptés pour ce public, notamment pour le développement des compétences en communication, autonomie et socialisation. Au-delà de la question de l'efficacité des interventions basées sur les outils

numériques auprès du public avec TSA, nous nous intéresserons également aux données de la littérature concernant l'importance de personnaliser ces outils aux besoins du public avec TSA et aux moyens de les évaluer afin d'en déterminer la qualité. Parmi le panel des outils existants, nous nous intéresserons plus particulièrement aux applications AMIKEO, développées par la société Auticiel ®, car ces outils d'aide à l'apprentissage, à l'autonomie et à la communication ont été conçues et développées pour des personnes en situation de handicap. Dans ces applications se trouve Logiral™ (Tardif & Gepner, 2014), une application qui permet de ralentir le son et l'image de films présentés sur tablettes. Elle a fait l'objet de nombreuses études auprès de personnes avec TSA. En lien avec le modèle des DTTS, les auteurs ont en effet saisi le potentiel des technologies pour répondre aux difficultés des personnes avec TSA. Nous terminerons notre revue de la littérature par la présentation de ces données.

1. Description du Trouble du Spectre de l'Autisme

Dans cette partie, nous présenterons dans un premier temps la prévalence et les critères diagnostiques du TSA. Ensuite, nous décrirons les deux principaux critères du TSA identifiés dans le DSM-5 (APA, 2013) à savoir, les déficits persistants de la communication et des interactions sociales et la présence de comportements, intérêts ou activités restreints et répétitifs. Enfin, nous exposerons de façon plus détaillée les particularités sensorielles, élément central pour notre travail dans la mesure où elles semblent jouer un rôle dans la manifestation des principaux critères du TSA et qu'elles influencent considérablement la qualité de vie des personnes avec TSA.

1.1. Prévalence et critères diagnostiques

Dans les années 1970, la prévalence de l'autisme tel que définie par Kanner en 1943 était de 2 à 5 enfants pour 10 000. En 2019, Fombonne, Myers, Chavez, Presmanes, Hill, & Zuckerman ont présenté leur analyse des enquêtes publiées depuis 2000 sur les estimations de la prévalence du TSA. Les différentes études incluses dans l'analyse ont été réalisées dans 22 pays différents, avec une taille d'échantillon variant de 5 007 à 4,25 millions de personnes,

âgées de 0 à 98 ans. Suite à cette analyse, les auteurs annoncent un chiffre de 0,69% ou encore 1 enfant sur 145 avec un diagnostic de TSA. Il s'agit d'un chiffre moyen qui prend en compte des estimations de prévalence avec une variabilité importante entre les études et au sein des études, entre les sites ou les zones, mais cette estimation est actuellement, selon les auteurs, la meilleure estimation de la prévalence du TSA. Cette donnée est cohérente avec une étude réalisée à partir d'une revue des études menées dans le monde (Elsabbagh et al., 2012), qui donnait les chiffres suivants : une prévalence de 0,17% en ce qui concerne l'autisme, et de 0,62% pour tous Troubles Envahissant du Développement, soit 1 enfant sur 160. Enfin, sur la population des enfants âgés de 8 ans en 2018 aux Etats-Unis, 1 enfant sur 59 serait porteur de TSA (CDCP, 2018). En France, on estime qu'en 2018 il y aurait 700 000 personnes concernées par le TSA, dont 100 000 enfants de moins de 20 ans (Tardif & Gepner, 2019).

En l'espace de cinquante ans, on observe ainsi une forte augmentation de l'estimation de la prévalence du trouble du spectre de l'autisme. Comment interpréter cette augmentation ? D'après Fombonne et al. (2019), les enquêtes épidémiologiques sur le TSA possèdent des caractéristiques particulières (variété des définitions, des identifications et des méthodes d'évaluation des cas recensés dans les différentes études) qui pourraient presque expliquer à elles seules la variation des estimations des prévalences entre les études. Ceci rend donc difficilement interprétables les changements de prévalence au cours du temps. Quelques explications peuvent tout de même être énoncées : une meilleure disponibilité des services, une sensibilisation accrue du public, une baisse de l'âge du diagnostic et une évolution dans le temps des concepts et des pratiques de diagnostic (Fombonne et al., 2019). Tardif & Gepner (2019) décrivent également que cette augmentation de la prévalence peut être liée aux éléments suivants : l'utilisation d'outils diagnostiques élargissant le cadre strict de l'autisme typique au cadre plus large des TED puis des TSA, et le dépistage et le diagnostic plus précoce des différentes expressions du trouble. De plus, l'identification de facteurs sociétaux et environnementaux semble également liée à l'augmentation de la prévalence du TSA. En effet, Tardif & Gepner (2019) parle de facteurs environnementaux au sens large en prenant en compte à la fois l'environnement prénatal du fœtus, mais aussi l'environnement postnatal du nourrisson, ou encore d'autres facteurs environnementaux tels que les produits chimiques ou les pesticides.

La définition de « l'autisme » a aussi subi de nombreuses évolutions. En 1943, Léo Kanner définissait « l'autisme » à travers les traits principaux suivants : la précocité des troubles, l'isolement social ou le retrait, le besoin d'immuabilité, les comportements répétitifs et compulsifs, un langage atypique et quelques talents spectaculaires malgré un développement retardé. Cette description est toujours très proche du tableau clinique actuel décrit par les classifications internationales, même si les termes ont évolué et que cette description a subi de nombreux changements au fil du temps. Jusqu'en 2013, la classification américaine des troubles mentaux, le DSM-IV-TR (American Psychiatric Association, 2000), parle de « Troubles Envahissant du Développement » (TED). Cinq catégories sont identifiées dans ces troubles : l'autisme ; le syndrome d'Asperger ; le syndrome désintégratif de l'enfance ; le syndrome de Rett ; et les troubles envahissants du développement non spécifiés. On retrouve ce concept de TED dans la classification internationale des maladies, la CIM-10 (Organisation Mondiale de la Santé, 1999). Cette dernière regroupe huit catégories : l'autisme infantile ; l'autisme atypique ; le syndrome de Rett, l'autre trouble désintégratif de l'enfance ; l'hyperactivité associée à un retard mental et à des mouvements stéréotypés ; le syndrome d'Asperger ; les autres TED ; et les TED sans précision. Ces deux classifications internationales décrivent une triade autistique composée (A) d'altérations qualitatives des interactions sociales réciproques ; (B) des anomalies qualitatives de la communication verbale et non verbale ; ainsi (C) qu'un caractère restreint et répétitif des comportements, activités et intérêts. Ces troubles doivent apparaître dans la première enfance et avant 3 ans.

Dans la cinquième et dernière version du DSM, le DSM-5 (APA, 2013), les TED sont remplacés par l'appellation générale de « Trouble du Spectre de l'Autisme » (TSA), elle-même répertoriée dans les troubles neurodéveloppementaux. La notion de spectre a pour objectif de rendre compte de l'hétérogénéité des profils en insistant sur les aspects dimensionnels (degré de sévérité, limitation de l'autonomie, difficultés d'adaptation sociale, etc.) plutôt que sur des aspects catégoriels (Tardif & Gepner, 2019). La triade autistique laisse aussi place à la dyade autistique avec les deux critères principaux suivants : (A) des déficits persistants de la communication et des interactions sociales observés dans des contextes variés (tels qu'un déficit de la réciprocité sociale, un déficit des comportements de communication non verbaux, ou un déficit du développement, du maintien et de la compréhension des relations) ; (B) et un

caractère restreint et répétitif des comportements, des intérêts ou des activités (tels qu'un caractère stéréotypé ou répétitif des mouvements, de l'utilisation des objets ou du langage, une intolérance au changement, une adhésion inflexible à des routines, des intérêts extrêmement restreints et fixes, ou une hyper ou hyporéactivité aux stimulations sensorielles) (DSM-5, APA, 2013). Le terme de « communication sociale » rend compte à la fois du trouble des interactions sociales et des altérations de la communication verbale et non verbale. Pour chacun de ces deux critères une évaluation de la gravité du trouble est demandée à partir du niveau de soutien nécessaire : niveau 1 nécessitant une aide très importante ; niveau 2 nécessitant une aide importante ; niveau 3 nécessitant de l'aide (Tableau 1, source Mini DSM-5).

Tableau 1. Niveaux de sévérité du TSA (Mini DSM-5)

<i>Niveaux</i>	Communication sociale	Comportements restreints et répétitifs
<i>Nécessitant une aide très importante</i> <i>Niveau 3</i>	Déficits graves des compétences de communication verbale et non verbale responsables d'un retentissement sévère sur le fonctionnement ; limitation très sévère de la capacité d'initier des relations ; et réponse minime aux initiatives sociales émanant d'autrui.	Comportement inflexible, difficulté extrême à faire face au changement, ou autres comportements restreints ou répétitifs interférant de façon marquée avec le fonctionnement dans l'ensemble des domaines. Détresse importante/difficulté à faire varier l'objet de l'attention ou de l'action.
<i>Nécessitant une aide importante</i> <i>Niveau 2</i>	Déficits marqués des compétences de communication verbale et non verbale ; retentissement social apparent en dépit des aides apportées ; capacité limitée à initier des relations et réponse réduite ou anormale aux initiatives sociales émanant d'autrui.	Le manque de flexibilité du comportement, la difficulté à tolérer le changement ou d'autres comportements restreints/répétitifs sont assez fréquents pour être évidents pour l'observateur non averti et retentir sur le fonctionnement dans une variété de contextes. Détresse importante/difficulté à faire varier l'objet de l'attention ou de l'action.

<p><i>Nécessitant de l'aide</i></p> <p><i>Niveau 1</i></p>	<p>Sans aide, les déficits de communication sociale sont source d'un retentissement fonctionnel observable. Difficulté à initier les relations sociales et exemples manifestes de réponses atypiques ou inefficaces en réponse aux initiatives sociales émanant d'autrui. Peut sembler avoir peu d'intérêt pour les interactions sociales.</p>	<p>Le manque de flexibilité du comportement a un retentissement significatif sur le fonctionnement dans un ou plusieurs contextes. Difficulté à passer d'une activité à l'autre. Des problèmes d'organisation ou de planification gênent le développement de l'autonomie.</p>
--	--	---

Ces symptômes apparaissent durant la période du développement précoce mais ils peuvent aussi ne se manifester pleinement que lorsque les exigences sociales de l'environnement s'accroissent. Le DSM-5 met l'accent sur la difficulté de la personne à répondre ou à s'ajuster à son environnement (Tardif & Gepner, 2014). En France, c'est l'utilisation de la classification internationale des maladies (CIM-10, OMS, 1999) qui est recommandée par la Haute Autorité de Santé (HAS, FFP) depuis 2005 pour le diagnostic de l'autisme.

Lorsque l'on présente le Trouble du Spectre de l'Autisme il est également important d'aborder la question de la comorbidité, c'est-à-dire de l'apparition conjointe de deux maladies. Du fait des caractéristiques de la population étudiée dans le cadre de cette recherche, nous nous intéressons particulièrement à la comorbidité entre TSA et Trouble du Développement Intellectuel (TDI). La CIM-10 (OMS, 1999) et le DSM-5 (APA, 2013) s'accordent sur son appartenance aux troubles neurodéveloppementaux ainsi que sur les critères diagnostiques du TDI, à savoir : un déficit des fonctions intellectuelles telles que le raisonnement, la résolution de problèmes, la planification, la pensée abstraite, le jugement, l'apprentissage ; un déficit du fonctionnement adaptatif dans au moins une des trois dimensions suivantes : habiletés conceptuelles, sociales et pratiques); ces déficits touchant les habiletés intellectuelles et adaptatives doivent apparaître pendant la période développementale. Au vue des données épidémiologiques, Des Portes & Héron (2020) estiment qu'environ 2% des nouveau-nés auront un trouble du développement intellectuel. D'après Tardif & Gepner (2019), le TSA s'accompagne d'une déficience intellectuelle dans 50 à 70% des cas. Cependant,

la prévalence de la déficience intellectuelle associée au TSA varie selon les études, du fait des différences de méthodologies. Tandis que certains chercheurs estiment qu'une déficience intellectuelle est observée dans 50% des cas de TSA (Postorino et al., 2016), d'autres concluent à un pourcentage allant de 18 à 22% des cas (Dunn et al., 2019 ; Tonnsen et al., 2016). D'autres auteurs tels que Rogé (2015) précise que seulement 25% des personnes avec TSA ont un quotient intellectuel normal, supérieur ou égal à 70, et 50% d'entre eux ont un quotient intellectuel inférieur à 50 et présentent généralement une forme sévère d'autisme. Malgré ces divergences, tous ces auteurs reconnaissent une sévérité accrue des symptômes, un état de santé plus faible ou encore une limitation dans les activités quotidiennes lorsque le TSA est associé à une déficience intellectuelle. Willaye & Magerotte (2013) précisent que les personnes présentant des déficiences sévère sont caractérisées comme étant : le plus à risque d'être exclues des milieux ordinaires de la société ; perçues par les systèmes de services traditionnels comme étant les plus difficiles ; ayant le moins de chance de disposer des outils et opportunités nécessaires pour se défendre elles-mêmes ; ayant le plus de risques d'avoir besoin d'un accompagnement permanent et individualisé pour être en mesure de participer de manière inclusive à la communauté et d'expérimenter une qualité de vie similaire à celle de tout citoyen. Aujourd'hui encore, malgré les publications extrêmement nombreuses sur le TSA, les populations recrutées dans les études en psychologie sont souvent des enfants avec TSA sans déficience intellectuelle, ou avec une déficience intellectuelle légère. Un constat général semble indiquer que peu d'enfants avec TSA ayant ce profil soient inclus dans les études (Tager-Flusberg & Kasari, 2013). Pourtant, il semble important que les enfants ayant un TSA d'intensité sévère (c'est-à-dire nécessitant une aide très importante, DSM-5, APA, 2013), avec un faible niveau de fonctionnement intellectuel, et souvent peu de langage soient également étudiés car les effets délétères de la présence d'un TSA associé à une déficience intellectuelle à l'âge adulte peuvent être conséquents en ce qui concerne l'autonomie et la qualité de vie de ces individus. En effet, la présence d'une déficience intellectuelle sévère, avec ou sans TSA, prédit un faible niveau de compétences en comportements adaptatifs (Beadle-Brown et al., 2000 ; Bernheimer et al., 2006). Matson et al. (2009) ont également montré que les personnes avec un TSA associé à une déficience intellectuelle présentent des performances plus faibles pour les compétences suivantes : « faire sa toilette », « hygiène »,

et « s'habiller » que les personnes présentant une déficience intellectuelle seule. En comparaison à des personnes présentant des troubles psychotiques associés à une déficience intellectuelle sévère, les scores en autonomie sont également plus faibles chez les personnes présentant un TSA et une déficience intellectuelle (Matson et al., 2003). En ce qui concerne la qualité de vie de ces personnes, il est extrêmement difficile de recueillir ces données car pour la plupart, elles ne disposent pas d'un niveau de communication suffisant pour répondre elles-mêmes aux questionnaires de qualité de vie. Pour tenter de répondre à ce défi méthodologique, des études mettent en évidence que le niveau adaptatif a une influence importante sur la qualité de vie : plus les compétences adaptatives de la personne sont faibles, plus elle évolue dans un environnement restreint qui contraint sa qualité de vie (Felce et al., 2002, 2011 ; Felce & Emerson, 2001 ; Totsika et al., 2010). D'autres études proposent un lien entre présence de troubles du comportement et qualité de vie, suggérant qu'une présence importante de troubles du comportement a des conséquences négatives sur la qualité de vie de la personne (Galli Carminati et al., 2007 ; Gerber et al., 2011). La présentation de ces quelques informations, non exhaustives, permettent de mesurer les difficultés que peuvent rencontrer les personnes présentant à la fois, un TSA et une déficience intellectuelle, et la nécessité pour les futures études de s'intéresser davantage à cette population afin de mieux les comprendre, de mieux les accompagner, et d'améliorer ainsi leur qualité de vie.

Ces premiers éléments nous ont permis de préciser certains aspects concernant la prévalence et l'évolution des critères diagnostiques du trouble du spectre de l'autisme. Dans la partie suivante, nous détaillerons la description du premier critère diagnostique à savoir, les faiblesses de la communication sociale, d'une part, car il s'agit d'un marqueur essentiel du TSA et d'autre part, car notre recherche s'intéresse à l'étude de la communication soutenue par l'utilisation d'applications numériques et d'outils classiques d'aide à la communication.

1.2. Déficits persistants de la communication et des interactions sociales

Très tôt, le bébé est capable de communiquer avec son entourage et se faire comprendre en utilisant des expressions faciales, des mimiques, en pointant du doigt et en utilisant tout un répertoire de gestes. Avec l'acquisition du langage, certains de ces gestes vont

disparaître ou s'associer (Guidetti, 1998). Cependant, dans le TSA des altérations de la communication sociale sont observables très tôt dans le développement du bébé. En effet, au cours de la première année de vie, un ensemble de symptômes peuvent s'observer, tels qu'une diminution du regard vers autrui, de réponse à l'appel de son prénom, des anomalies au niveau de l'attention conjointe et un retard dans la mise en place du langage au cours de la deuxième année (Bargiacchi, 2011). Ce sont autant de signes précurseurs qui alertent les familles sur l'existence d'un éventuel trouble autistique (Bargiacchi, 2011 ; Poirier & Goupil, 2008).

De nombreux déficits sont donc présents dans la communication non verbale tels que l'imitation, l'attention conjointe, la théorie de l'esprit et semblent être spécifiques au trouble du spectre de l'autisme. En effet, l'imitation, compétence de communication non-verbale ayant un rôle pivot dans l'accès aux interactions sociales, est perturbée dans le développement des enfants ayant un TSA. De nombreuses études rapportent des capacités imitatives inférieures par rapport à des enfants au développement typique (Girardot, De Martino, Rey, & Poinso, 2009 ; McEvoy, Rogers, & Pennington, 1993 ; Nadel, 2011 ; Smith & Bryson, 1994), bien qu'il n'y ait pas de consensus sur la nature exacte de ce déficit (Nadel, 2014). En fonction du type d'imitation demandé (motrice, faciale, vocale), les résultats diffèrent car les capacités sollicitées pour réaliser le comportement à imiter sont différentes (Nadel, 2005). En effet, les performances en imitation d'action sur des objets chez des enfants avec TSA âgés de 4 ans sont supérieures à celles en imitation à but social, ce qui souligne que l'imitation est particulièrement déficitaire dans le domaine de la communication sociale (Girardot et al., 2009). Dans le TSA, une altération des capacités d'attention conjointe, c'est-à-dire de la capacité à partager son attention avec une autre personne sur un même objet (Scaife & Bruner, 1975), est aussi observée très tôt dans le développement de l'enfant présentant un TSA (Charman et al., 2003). L'attention conjointe joue un rôle essentiel dans l'acquisition du langage, de l'intersubjectivité et des interactions sociales. Différents comportements sont nécessaires pour mettre en place cette attention : le contact oculaire, la direction du regard, le mouvement du corps et le pointage (Nader-Grosbois, 2006), comportements déficients dans le TSA. En effet, les enfants présentent des difficultés à suivre le regard ou le mouvement de tête d'une autre personne (Stone et al., 1997), mais aussi

au niveau du pointage proto déclaratif (Wimpory et al., 2000). L'association de ces difficultés de pointage et du suivi du regard semble essentielle dans les difficultés observées dans les interactions sociales réciproques. Les enfants avec TSA présentent donc très tôt dans leur développement des anomalies au niveau de l'imitation et de l'attention conjointe, or ces comportements sont essentiels au développement de la théorie de l'esprit qui se définit comme la capacité à comprendre les états mentaux d'autrui et leurs influences sur le comportement des personnes (Baron-Cohen et al., 1985). Cette capacité, indispensable aux interactions sociales, est classiquement évaluée par une épreuve d'attribution de fausse croyance à autrui dans laquelle l'enfant doit se décentrer de son propre point de vue et se mettre à la place d'un autre enfant, pour répondre correctement à la réponse (Wimmer & Perner, 1983). Dans le développement typique, les enfants parviennent à donner une réponse correcte à partir de 4 ans. Baron-Cohen et al. (1985) montrent que des enfants avec TSA âgés de 6 à 16 ans échouent à ce type d'épreuve ce qui signifie que le déficit des théories de l'esprit persiste dans le temps.

Au niveau de la communication verbale, on observe aussi une altération du développement du langage. En effet, les altérations de la communication constituent un des marqueurs du TSA mais ces difficultés de langage et de communication sont très variables. Environ 30 à 50% des enfants d'âge scolaire ayant un TSA seraient non verbaux (Tardif & Gepner, 2014) et dans tous les cas, ils n'utilisent pas spontanément d'autres modes de communication (gestes, mimiques) qui leur permettraient de compenser ce problème de langage (Rogé, 2015). Ces difficultés s'observent autant sur le plan du langage expressif que réceptif (Charman et al., 2003 ; Mitchell et al., 2006). D'après Tardif & Gepner (2014), « un tiers environ ont un langage idiosyncrasique fait de mots isolés, d'écholalie ou de juxtaposition de mots ; un autre tiers développerait un langage permettant d'être compris avec des phrases et un lexique correct, voire sophistiqué, parfois logorrhéique, souvent peu et/ou mal utilisés à des fins conversationnelles, une prosodie atypique (monocorde), un rythme très lent ou très rapide, etc. ». En effet, l'expression verbale peut comporter des anomalies du rythme, de l'intonation et du volume (Rogé, 2015). Sur le plan du langage réceptif, on observe des difficultés de compréhension des éléments du langage non-littéral comme le sarcasme, l'ironie, les métaphores ou les expressions idiomatiques (Kalandadze et al., 2018).

La description de ces éléments nous permet de constater que les difficultés que l'on observe dans le fonctionnement socio-communicatif des enfants présentant un TSA s'étendent à tous les canaux d'échanges, aussi bien au niveau visuel, que gestuel, ou encore vocal et verbal (Plumet, 2014). L'auteure rappelle que ces conduites et leurs multiples particularités se développent très tôt et que le rythme de progression et de complexification des compétences socio-communicatives sont fortement ralentis au regard de l'âge chronologique et de l'âge de développement. D'après Plumet (2014), ces difficultés ne sont pas simplement quantitatives (fréquence moindre d'initiatives sociales spontanées, durée brève du maintien de l'échange), mais elles sont aussi qualitatives (registre limité de fonctions communicatives, difficulté du partage intersubjectif émotionnel comme représentationnel, formes d'échanges peu conventionnelles). De plus, elle ajoute que ce qui caractérise les difficultés de cette population d'enfants avec autisme c'est son extrême hétérogénéité. Ils partagent tous une difficulté à entrer spontanément dans les échanges avec les codes habituellement partagés par les humains, mais chaque enfant avec autisme semble développer son propre mode de communication (son propre répertoire, ses idiosyncrasies) que seul son environnement très familier peut comprendre. Il n'existe pas de registre de communication spécifique et commun à l'ensemble des personnes avec TSA et elles ne rencontrent pas plus de facilité à entrer en communication entre elles. Cependant, Plumet (2014) ajoute que les capacités d'échanges et de communication de ces enfants porteurs de TSA peuvent se développer, à tous les niveaux du spectre, à condition d'identifier tôt ces difficultés, de s'adapter à leurs modes d'intégration inhabituels (intérêts, motivations, et spécificités de fonctionnement) et de trouver des adaptations spécifiques qui tiennent compte de ces éléments.

Cette brève description des anomalies de la communication sociale présentées par les personnes ayant un TSA témoigne de l'ampleur des difficultés qu'elles peuvent rencontrer pour entrer en communication avec les personnes qui les entourent. De plus, ces difficultés s'accompagnent d'intérêts restreints et de comportements répétitifs que nous allons présenter ci-dessous.

1.3. Comportements, intérêts ou activités restreints et répétitifs

Selon le DSM-5 (APA, 2013), les comportements, intérêts ou activités restreints et répétitifs observés dans le trouble du spectre de l'autisme se caractérisent selon les quatre catégories suivantes :

- 1) Caractère stéréotypé et répétitif des mouvements, de l'utilisation des objets ou du langage ;
- 2) Intolérance au changement, adhésion inflexible à des routines ou à des modes comportementaux verbaux ou non-verbaux ritualisés ;
- 3) Intérêts extrêmement restreints et fixes, anormaux soit dans leur intensité, soit dans leur but ;
- 4) Hyper ou hyporéactivité aux stimulations sensorielles ou intérêt inhabituel pour les aspects sensoriels de l'environnement.

Ces différentes catégories peuvent se traduire par les comportements suivants : stéréotypies motrices, manipulation étrange des objets (alignement ou rotation des jouets par exemple), écholalies, réactions excessives aux changements, poursuite intense d'activités routinières, centres d'intérêts restreints (fascination pour les lignes de métro par exemple), ou encore indifférence apparente à la douleur ou à la température (DSM-5, APA, 2013 ; Bargiacchi, 2011). Cette dimension de la symptomatologie autistique recouvre donc un large panel de manifestations comportementales. L'étude de Bourreau, Roux, Gomot, & Barthélémy (2009) a permis d'établir la pertinence d'une liste de 43 comportements regroupés en 11 domaines issus de 12 études identifiant les comportements restreints et répétitifs d'enfants avec TSA à partir de la perception des familles. Leurs résultats indiquent que les comportements les plus courants sont : les centres d'intérêts restreints et répétitifs (79%), l'agitation (71%) et les manifestations émotionnelles stéréotypées (68%). Les stéréotypies et bizarreries motrices ainsi que les comportements agressifs et auto-centrés sont peu signalés par les parents. Même si ces comportements peuvent être observés au cours du développement typique ou chez les enfants présentant un retard de développement, il semble qu'ils soient plus nombreux et plus sévères dans le TSA (Boyd et al., 2010 ; Richler, Bishop, Kleinke, & Lord, 2007 ; Rogers,

Hepburn, Stackhouse, & Wehner, 2003). De plus, ces manifestations comportementales semblent persister avec l'âge (Bodfish, Symons, Parker, & Lewis, 2000 ; Lord, Bishop, & Anderson, 2015), même si les caractéristiques individuelles telles que le fonctionnement adaptatif, les compétences langagières ou le niveau de fonctionnement intellectuel non-verbal peuvent modérer cette évolution au cours du développement (Leekam et al., 2011).

Avec les troubles de la communication sociale, la présence de comportements et intérêts restreints et répétitifs font partie intégrante des principaux symptômes du trouble du spectre de l'autisme. Ces signes cliniques doivent être présents dès la petite enfance, même s'ils peuvent ne se manifester pleinement que plus tardivement, lorsque les demandes de l'environnement social excèdent les capacités de l'individu (DSM-5, APA, 2013). Avec le DSM-5 (APA, 2013) apparaît l'ajout d'une catégorie de comportements, à savoir « une hyper ou hyporéactivité à certaines stimulations sensorielles ou un intérêt inhabituel pour certains aspects sensoriels de l'environnement ». La partie suivante a ainsi pour objectif de développer ces particularités sensorielles car la prise en compte de ces particularités est indispensable pour mieux comprendre le trouble du spectre de l'autisme, mais elle l'est également pour adapter les accompagnements et les apprentissages que l'on propose aux enfants avec TSA dans les établissements où ils sont pris en charge. En effet, les apprentissages en communication, autonomie et socialisation dépendent aussi du contexte sensoriel dans lesquels ils sont réalisés, et donc les outils numériques ou traditionnels doivent aussi en tenir compte pour mettre l'enfant dans une zone de confort sensoriel optimal pour les apprentissages.

1.4. Particularités sensorielles

Depuis la description princeps du syndrome par Kanner en 1943, les anomalies sensorielles ont été décrites chez les personnes atteintes d'autisme. En effet, au-delà des principaux troubles qui touchent la communication et les interactions sociales, Kanner (1943) avait relevé chez 11 enfants avec TSA des perturbations sensorielles : une attention inhabituelle à des détails, un évitement du regard, une aversion pour le mouvement, une réactivité trop élevée ou alors inexistante aux sons. Le modèle de Dunn (1997), qui établit des liens entre réactivités sensorielles, seuils neurologiques et réponses comportementales

associées, représente l'un des travaux pionniers en matière d'illustration de ces troubles sensoriels. Pour développer son modèle, elle se base sur la théorie de l'intégration sensorielle d'Ayres (1979), qui définit cette dernière comme un processus neurologique qui permet d'organiser les sensations provenant du corps et de l'environnement afin de produire une réponse comportementale adaptée. A partir de cela, Dunn (1997) formule le postulat de « l'existence d'une interaction entre les seuils neurologiques et les réponses comportementales ». Selon elle, les seuils neurologiques et les réponses comportementales se situent sur des continuum, en interaction mutuelle. Les seuils se réfèrent à la quantité de stimuli nécessaire pour qu'un système neuronal réponde à une entrée sensorielle. Ils sont déterminés par la génétique, mais aussi par les expériences sensorielles issues de l'environnement, ce qui signifie que chaque individu traite différemment les informations issues des modalités sensorielles. Dans le modèle de Dunn (1997), la détection de stimuli sensoriels est réalisée en fonction du seuil neurologique d'activation. A l'une des extrémités de ce continuum : les seuils sont élevés, c'est-à-dire que le niveau de stimulation doit être élevé pour atteindre le seuil et déclencher une réponse neuronale ; à l'autre extrémité, les seuils sont bas, c'est-à-dire que le niveau de stimulation doit être faible pour atteindre le seuil et déclencher une réponse neuronale. De ces seuils, découlent les comportements, c'est-à-dire la façon dont une personne répond à ces seuils sensoriels. Au nouveau, ces réponses comportementales se situent sur un continuum. A l'une des extrémités : la personne réagit en concordance avec ses seuils sensoriels ; à l'autre extrémité, elle réagit à ses seuils dans une recherche d'homéostasie. De ces continuums et interactions mutuelles, Dunn (1997) décrit deux grands profils qui engendrent chacun des réponses comportementales différentes (Tableau 2) :

- La présence d'un *seuil neurologique élevé*, ce qui signifie une insuffisance de stimulations sensorielles. Ce dernier peut se traduire par deux réactions comportementales : une *hypo-réactivité sensorielle* (la personne est passive dans sa réponse aux stimuli) ; une *recherche de stimulation sensorielle* (la personne est active et cherche à se procurer des sensations)
- La présence d'un *seuil neurologique bas*, ce qui signifie un important afflux de stimulations sensorielles. Ce dernier peut se traduire lui aussi par deux réactions

comportementales : une *hyper-réactivité sensorielle* (la personne est passive face à ces stimulations ; un *évitement des sensations* (la personne est active et cherche à éviter l'excès de stimulations).

Tableau 2. Modèle issu du profil sensoriel de Dunn

<i>Continuum des seuils neurologiques</i>	Continuum de réponses comportementales	
	Agir en accord avec le seuil (stratégie passive)	Agir pour contrer le seuil (stratégie active)
<i>SEUIL ELEVE (habituation)</i>	Hypo-réactivité sensorielle	Recherche de stimulation sensorielle
<i>SEUIL BAS (sensibilisation)</i>	Hyper-réactivité sensorielle	Evitement des sensations

En complément des travaux de Dunn et afin de caractériser ces anomalies sensorielles, Ben-Sasson et al. (2009) identifient à partir de leur méta-analyse portant sur 14 études deux types de troubles : (1) les troubles du traitement sensoriel (SPD pour Sensory Processing Disorders) et (2) les troubles de la modulation sensorielle (SMD pour Sensory Modulation Disorders). Les premiers font référence à un groupe de troubles qui impliquent des difficultés de modulation, d'intégration, d'organisation et de discrimination des entrées sensorielles. La personne ne réagit pas correctement aux entrées et subit des perturbations dans les activités quotidiennes et les comportements émotionnels (Miller et al., 2007). Les SMD sont un sous-type des SPD et sont définis comme des difficultés à réguler et à organiser le type et l'intensité des réponses comportementales aux entrées sensorielles pour répondre aux exigences environnementales (Miller et al., 2007). Les SMD peuvent être classés en trois types : (a) l'hypersensibilité (réactions exagérées, rapides et/ou prolongées à une stimulation sensorielle), (b) l'hyposensibilité (inconscience ou réponse lente à une entrée sensorielle), et (c) la recherche de sensations (besoin impérieux et intérêt pour des expériences sensorielles prolongées ou intenses) (Miller et al., 2007). Les deux grands profils décrits par Dunn (1997) font référence à ces troubles de la modulation sensorielle (SMD). Les réponses comportementales issues de ce défaut de modulation sensorielle vont souvent vers les deux extrêmes présentés dans la

classification du DSM-5 (APA, 2013), c'est-à-dire l'hyper et l'hyposensibilité et se retrouvent fréquemment chez une même personne avec TSA, quelque fois dans la même modalité sensorielle (Stanciu & Delvenne, 2016).

Ces particularités sensorielles semblent particulièrement courantes dans le TSA, où leur prévalence atteint des chiffres considérables (Ben-Sasson et al., 2009). En effet, les études qui s'intéressent au recensement des atypies sensorielles dans l'autisme révèlent la présence d'un traitement sensoriel atypique chez 45 à 97% des personnes présentant un TSA (Ben-Sasson et al., 2009 ; Degenne-Richard, 2014 ; Dellapiazza et al., 2018 ; Stanciu & Delvenne, 2016). La méta-analyse réalisée par Ben-Sasson et collaborateurs en 2009 révèle que ces anomalies semblent les plus observables entre 6 et 9 ans, et qu'elles sont plus fréquentes chez les personnes souffrant d'une sévérité du TSA plus importante.

Ces hypo et hyper sensibilités et réactivités touchent l'ensemble des modalités sensorielles, à savoir : la vision, l'audition, le toucher, l'olfaction et la gustation, ainsi que la proprioception et le vestibulaire. Afin d'illustrer ces différentes expériences sensorielles en fonction des modalités sensorielles, et toujours en nous basant sur le modèle de Dunn (1997), le Tableau 3 présente des extraits des items du Profil Sensoriel de Dunn (1999). Il serait impossible de rapporter de manière exhaustive les expériences sensorielles atypiques, mais ces quelques exemples illustrent la très grande variabilité qui caractérise ces expériences sensorielles, tant d'un individu à l'autre qu'au fil du temps (Stanciu & Delvenne, 2016).

Tableau 3. Réactions comportementales en fonction des modalités sensorielles (extraits d'items du Profil Sensoriel de Dunn, 1999)

	Hypo-réactivité Passif	Recherche de sensation Actif	Hyper-réactivité Passif	Evitement de sensations Actif
<i>Visuelle</i>	A du mal à trouver quelque chose dans des endroits encombrés	Regarde attentivement ou intensément les objets ou les gens	Est dérangé par les lumières fortes alors que d'autres ce sont habitués	Se couvre ou plisse les yeux pour se protéger de la lumière

<i>Auditive</i>	Semble ne pas entendre ce que vous dites	Aime les bruits étranges/Cherche à faire du bruit par plaisir	A du mal à terminer des tâches quand la radio est allumée	Se met les mains sur les oreilles pour se protéger du bruit
<i>Tactile</i>	A peu conscience de la douleur ou de la température	Touche les gens et les objets au point d'irriter les autres	Est sensible à certains tissus (par exemple, vêtements, draps)	Evite de marcher pieds nus, surtout dans le sable ou dans l'herbe
<i>Gustatif et olfactif</i>	Ne semble pas sentir les odeurs fortes	A des envies très fortes de certains aliments	A facilement des haut-le-cœur avec certaines textures d'aliments ou des couverts dans la bouche	Evite certains goûts ou certaines odeurs de nourriture faisant typiquement partie des aliments pour enfants
<i>Vestibulaire</i>	Semble léthargique (par exemple, semble mou, sans énergie)	Recherche toutes les activités qui impliquent du mouvement	N'aime pas être en voiture	Evite les équipements des terrains de jeu (par exemple, les balançoires, les manèges) ou les jouets qui bougent (par exemple, les toupies)
<i>Multi sensorielle</i>	Ne semble pas conscient de ce qui se passe dans son environnement	S'agrippe aux gens, aux objets, aux meubles même dans des situations familières	Se détourne de ce qu'il est en train de faire pour observer tout ce qui se passe dans la pièce	Préfère les jeux calmes et sédentaires

Ces particularités sensorielles sont présentes dans toutes les modalités sensorielles ainsi que dans l'intégration multisensorielle, et se manifestent par des réactions atténuées, voire absentes, ou au contraire par des réponses exagérées. Dans leur revue, O'Neill & Jones (1997) proposent de décrire quelques-unes de ces anomalies perceptives et sensorielles à partir de récits de personnes atteintes de TSA et des résultats de différents travaux. En effet, il existe

un nombre considérable de récits autobiographiques qui permettent de fournir des informations précieuses sur la nature de ces atypicités sensorielles (Williams, 1992 ; Grandin, 1992). D'après les auteurs, l'un des thèmes récurrent de bon nombre de ces écrits est la description d'expériences sensorielles et perceptuelles inhabituelles au cours de l'enfance, qui peuvent se poursuivre, ou être atténuées à l'âge adulte. Ces récits sont précieux car ils nous permettent de mieux comprendre le vécu sensoriel des personnes avec autisme. Voici ci-dessous quelques illustrations de ces manifestations cliniques issues de témoignages et d'autobiographies.

Au niveau visuel :

« Alors que quelqu'un d'autre aurait vu une « foule », je voyais un bras, une personne, une bouche, un visage humain, une chaise, une personne, un œil. Je voyais 10 000 images, là où quelqu'un d'autre n'en voyait qu'une ». (Williams, 1999).

Au niveau auditif :

« Même aujourd'hui, des bruits soudains comme une voiture qui pétarade me font sursauter et me paniquent. Des bruits forts et aigus comme celui d'une motocyclette sont encore douloureux pour moi » (Grandin, 1994, p.41).

Au niveau tactile :

« Quand j'étais enfant, je crois que j'étais plus sensible que d'autres au niveau tactile, au niveau du goût, au niveau des textures. Je ne pouvais pas porter beaucoup de vêtements ; même actuellement j'ai un certain type de tenues, une garde-robe fixe ou semi-fixe, avec des vêtements que je porte depuis de longues années et auxquels je suis habitué » (Schovanec, 2012 p.113).

Au niveau gustatif et olfactif :

« Son alimentation a longtemps posé des problèmes. Elle semblait ne pas vouloir utiliser ses dents pour croquer ou mastiquer ; pendant plusieurs mois, elle n'a mangé, difficilement, que des yaourts et des crèmes, quelques fois des purées » (Taillandier & Taillandier, 2009, p.20).

Au niveau vestibulaire et proprioceptif :

« Quand j'étais trop grande pour m'envelopper dans une couverture ou pour ramper sous un coussin de canapé, j'ai inventé un autre moyen de me procurer une stimulation agréable. Je pensais à une sorte de machine (...) j'ai visualisé une sorte de machine à bien-être. Ce projet était une sorte de boîte ressemblant à un cercueil. Je m'imaginai rampant par l'une des extrémités pour m'y installer. Une fois à l'intérieur, je me coucherais sur le dos et je gonflerais une doublure en plastique qui me serrerait, tout doucement. (...). La chaleur et la pression tendent à diminuer l'excitation, surtout dans le cas d'un système nerveux défaillant. Si j'avais eu une machine magique à dispenser du bien-être, j'aurais peut-être pu utiliser sa chaleur et sa pression au lieu de piquer une colère » (Grandin, 1997, p.58-89).

D'après Bogdashina (2013), de nombreuses personnes qui témoignent considèrent donc leur autisme comme une condition largement reliée au traitement sensoriel. Donna Williams (1996) explique que ses difficultés d'expression étaient secondaires et avaient pour cause première la perception incohérente du monde qui l'entourait. VanDalen (1995) ajoute que la véritable cause, invisible et profondément enracinée, de tous ses problèmes d'ordre social et émotionnel, est de nature perceptive et que, l'autisme, pour être compris, doit être avant tout considéré comme un déficit perceptif. En plus de ces témoignages, des modèles théoriques présentent l'autisme et les critères diagnostiques identifiés dans les différentes classifications comme étant une résultante des difficultés du traitement perceptif. Les principaux modèles théoriques et éléments de la littérature à ce sujet seront développés dans la deuxième partie de cette revue de la littérature.

Quelles peuvent être les conséquences de ces particularités sensorielles dans le quotidien des personnes avec TSA ? Les atypies sensorielles ont un impact considérable sur la vie quotidienne de ces personnes. En effet, Ayres dès 1985 a décrit le cerveau humain comme une « machine de traitement sensoriel », car plus de 80% du système nerveux est impliqué dans le traitement ou l'organisation des entrées sensorielles. Il est ainsi aisé de se représenter les difficultés des personnes avec TSA si ce traitement sensoriel se révèle être atypique. Des auteurs tels que Glod, Riby, Honey, & Rodgers (2015) rapportent des associations entre les profils de traitement sensoriel et les manifestations comportementales du TSA, soulignant

que les atypies sensorielles jouent un rôle important dans la symptomatologie du trouble. En effet, à partir de leur revue systématique de la littérature, Glod et al. (2015) se sont intéressés plus particulièrement aux associations concernant les profils d'hyper ou d'hyposensibilité aux stimulations sensorielles et les six manifestations comportementales suivantes : la sévérité des symptômes ; le fonctionnement social ; les comportements restreints et répétitifs ; le fonctionnement émotionnel et comportemental ; le fonctionnement affectif et cognitif ; et les aptitudes physiques. Voici les principaux résultats des 21 articles qu'ils ont étudiés : les personnes avec autisme présentant un profil d'hyposensibilité manifestent davantage de difficultés au niveau de la communication verbale et non verbale (Watson et al., 2011) ; mais aussi plus de stéréotypies (Gal et al., 2010), de comportements moteurs répétitifs ou encore d'actions routinières (Lidstone et al., 2014) ; elles présentent également davantage de comportements inadaptés (Baker, Lane, Angley, & Young, 2008 ; Lane, Young, Baker, & Angley, 2010), et des problèmes de régulation des émotions (Samson et al., 2014). En revanche, les personnes avec autisme dont le traitement sensoriel s'apparente à une hyperréactivité présente les manifestations comportementales suivantes, des stéréotypies et rituels (Boyd et al., 2010) ; des problèmes d'anxiété (Green, Ben-Sasson, Soto, & Carter, 2012 ; Lane, Reynolds, & Dumenci, 2012 ; Mazurek et al., 2013), de dépression (Lidstone et al., 2014) ; et enfin des compétences supérieures en termes de mémoire et d'attention (Liss et al., 2006).

Dellapiazza et al. (2018) se sont quant à eux plus particulièrement intéressés aux liens entre le traitement sensoriel, comportements d'adaptation, et les capacités d'attention des enfants atteints de TSA. Ils observent un effet significatif des anomalies sensorielles sur le comportement adaptatif et les capacités attentionnelles. En ce qui concerne le comportement adaptatif, c'est-à-dire la réalisation des activités quotidiennes requises pour l'autonomie et l'adaptation personnelles et sociales (Sparrow et al., 1984) évalué à la VINELAND-II (*Vineland Adaptive Behavior Scales*, 2nd ed, Sparrow et al., 2005), les principaux résultats mis en avant par les auteurs révèlent une association significative entre le traitement sensoriel et les scores de communication, d'autonomie et de socialisation. En effet, les personnes avec TSA présentant un profil d'hyposensibilité ont davantage de difficultés au niveau de la communication (Lane et al., 2010 ; Liss et al., 2006 ; Tomchek, Little, & Dunn, 2015), mais aussi au niveau des compétences d'autonomie (Liss et al., 2006). En revanche, les profils

d'hypersensibilité sont davantage associés à des difficultés de socialisation (Liss et al., 2006). D'autres recherches axées sur le traitement sensoriel ont montré que les anomalies sensorielles dans le TSA affectent négativement le fonctionnement adaptatif quotidien (Suarez, 2012) et la participation à la vie familiale (Schaaf et al., 2011). Enfin, les déficits d'attention sont fréquents dans les TSA (Hanson et al., 2013 ; Lyall, Schweitzer, Schmidt, Hertz-Picciotto, & Solomon, 2017) et les études examinées dans la revue de littérature de Dellapiazza et al. (2018) montrent que les symptômes d'inattention visuelle et auditive sont associés de manière significative au traitement sensoriel. Par exemple, Sanz-Cervera, Pastor-Cerezuela, Fernández-Andrés & Tárraga-Mínguez (2015) observent que plus les difficultés sensorielles sont présentes, plus les personnes avec TSA manifestent des symptômes d'inattention. Liss et al. (2006) observent aussi que plus le traitement sensoriel est atypique (quel que soit le type de profil c'est-à-dire d'hyper ou d'hyposensibilité, ou encore de recherche de sensations), plus les personnes avec TSA ont une focalisation excessive de l'attention visuelle. L'étude de Sabatos-DeVito, Schipul, Bulluck, Belger, & Baranek (2016) a également décrit une association entre les profils en recherche de sensation et en hyposensibilité et le désengagement de l'attention. Enfin, Wodka et al. (2016) ont montré que le traitement sensoriel tactile était associé à des perturbations de l'attention auditive. En résumé, l'étude de ces différents liens entre profils sensoriels et manifestations comportementales suggère que le profil d'hyporéactivité sensorielle serait davantage associée aux troubles de la communication, aux problèmes affectifs, cognitifs et comportementaux, alors qu'un profil d'hyperréactivité sensorielle est plus associé à des problèmes de conscience sociale et des troubles affectifs.

Les distorsions entre les informations sensorielles donnent un caractère incohérent à l'environnement et contribuent à le rendre imprévisible et angoissant (Rogé, 2015). De ce fait, ces troubles vont conditionner la manière dont l'enfant va se comporter : certaines réactions d'évitement, de peur ou au contraire d'intérêt particulier sont liées à ces anomalies perceptives. Les études sur les perturbations sensorielles sont nombreuses en raison de l'omniprésence de ces anomalies et de leurs répercussions sur l'adaptation des personnes avec TSA (Rogé, 2015). L'une d'entre elles s'est intéressée aux liens entre perturbations sensorielles et troubles du comportement (Degenne-Richard, 2014). L'auteure formule

l'hypothèse suivante : l'intensité des perturbations sensorielles est en lien avec la sévérité des troubles du comportement et il existe des liens entre la nature de la réactivité sensorielle et la nature des comportements-problèmes. Afin de tester cela, elle évalue auprès de 27 adultes avec autisme et retard mental leur profil sensoriel à l'aide de l'ESAA (*Evaluation Sensorielle de l'Adulte avec Autisme*, Degenne et al., 2019) et la présence de troubles du comportement à l'aide de l'EPOCAA (*Echelle pour l'Observation des Comportements d'Adultes avec Autisme*, Recordon-Gaboriaud & Granier-Deferre, 2011). Les résultats mettent en avant une corrélation significative et positive entre la sévérité des perturbations sensorielles et la sévérité des troubles du comportement, ce qui signifie, que plus le score de sévérité sensorielle augmente, plus les troubles du comportement augmentent également. De plus, les résultats mettent aussi en lumière des corrélations entre la nature des perturbations sensorielles selon les modalités sensorielles et la nature des troubles du comportement. En effet, on observe des corrélations significatives et positives entre : les perturbations tactiles et les troubles de l'affectivité, du contact corporel, et de l'autonomie personnelle ; les perturbations auditives et les troubles thymiques et de l'anxiété ; les perturbations olfactives et l'auto-agressivité, la recherche d'isolement ; les perturbations gustatives et l'agressivité envers autrui ; les perturbations vestibulaires et la recherche d'isolement, les troubles de l'affectivité, et du contact corporel. Seules les modalités visuelles et proprioceptives ne sont pas corrélées avec des comportements spécifiques. Cette étude permet ainsi de mettre en évidence la présence de troubles du comportement plus sévères lorsque les troubles sensoriels sont sévères, mais aussi la présence de typologies comportementales en fonction de typologies sensorielles (Degenne-Richard, 2014).

Ces éléments montrent bien la nécessité de considérer plus encore que cela n'a été fait jusqu'à aujourd'hui, les particularités sensorielles dans le trouble du spectre de l'autisme. Aussi, ces dernières décennies, compte tenu des différentes expériences sensorielles relatées par les personnes porteuses de TSA, de la présence de ces particularités sensorielles chez 45 à 97% des personnes avec TSA, ou encore des liens entre les perturbations sensorielles et les manifestations comportementales, différents modèles explicatifs de l'autisme ont émergé, pointant tout particulièrement les anomalies sensorielles et perceptives dans la population avec TSA. C'est ce que nous présentons dans la partie suivante.

Description du Trouble du Spectre de l'Autisme – Résumé

Historiquement, l'autisme dérivé du grec *autos* qui signifie « soi-même », a été décrit pour la première fois par Léo Kanner en 1943. Cette description fait aujourd'hui partie de ce que le DSM-5 (APA, 2013) nomme le Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA). Il s'agit d'un trouble neurodéveloppemental identifié sous l'appellation générale de TSA, dont les critères diagnostiques sont les suivants : des altérations de la communication sociale d'une part, et un caractère restreint et répétitif des comportements, intérêts ou activités d'autre part (DSM-5, APA, 2013). « L'autisme est un syndrome qui, à des degrés divers, affecte la vie entière d'une personne, au point d'être considéré comme un handicap » (Tardif & Gepner, 2014). Récemment, une analyse des enquêtes publiées depuis 2000 sur les estimations de prévalence de l'autisme a permis d'identifier un chiffre moyen de 0,69%, soit 1 enfant sur 145 (Fombonne et al., 2019). Il s'agit alors d'un réel problème de santé publique comme en témoigne les différentes stratégies nationales mises en place depuis 2005. La description originelle du trouble est toujours très proche du tableau clinique actuel décrit par les classifications internationales, même si les termes ont changé et que cette description a évolué au fil du temps.

En effet, les altérations de la communication sociale sont observables très tôt dans le développement de l'enfant ayant un TSA (tant au niveau des compétences non verbales que verbales), de même que des intérêts et comportements restreints et répétitifs qui concernent un large spectre de comportements (Bargiacchi, 2011). Ces troubles témoignent de l'ampleur des difficultés que rencontrent les personnes avec TSA pour entrer en contact avec le monde qui les entoure et font partie intégrante des principaux symptômes du trouble du spectre de l'autisme. L'ajout dans le DSM-5 de la présence d'une « hyper ou hyporéactivité à certaines stimulations sensorielles ou un intérêt inhabituel pour certains aspects sensoriels de l'environnement » (APA, 2013) vient mettre en exergue l'existence de ces particularités sensorielles déjà attestées par de nombreux témoignages de personnes avec TSA. Aussi, certains modèles explicatifs de l'autisme pointent le traitement sensoriel et perceptif comme étant au cœur des difficultés de communication sociale et comportementales. Ce que nous présentons dans la partie suivante.

2. Modèles explicatifs de l'autisme basés sur les expériences perceptives et sensorielles

Nous venons de le voir, les particularités sensorielles sont extrêmement présentes dans le trouble du spectre de l'autisme et il semble qu'il y ait des liens étroits entre ces dernières et les manifestations comportementales spécifiques à l'autisme, à savoir les altérations de la communication sociale et le caractère restreint et répétitif des comportements, intérêts ou activités. En effet, les particularités sensorielles peuvent entraver la capacité des personnes à entrer en communication. Afin qu'une communication verbale, émotionnelle et sociale entre des individus soit effective et adaptée, chacun doit être en capacité de percevoir et de traiter correctement les indices auditifs et visuels échangés lors de l'interaction (Mission & Evrard, 2009). Les personnes avec TSA ne pourront donc pas entrer correctement dans cette communication du fait des spécificités de leur traitement perceptif. Il semblerait donc que, parmi les troubles sensoriels observés chez les personnes avec TSA, ceux liés aux modalités visuelle et auditive peuvent plus particulièrement expliquer leurs troubles de la communication. Par la suite, ces problèmes sensoriels auront une incidence sur les compétences sociales, mais aussi sur les performances scolaires (Reynolds et al., 2011). Le témoignage de Temple Grandin (1992, p.107) illustre parfaitement ce propos : « *Pour moi entendre, c'est comme avoir une prothèse auditive avec le volume bloqué à fond. C'est comme un micro ouvert, qui ramasse tout. J'ai deux choix : ouvrir le micro et être submergée par un déluge de sons ou le fermer complètement* ». Ces difficultés au niveau de la perception et du traitement des informations de la modalité auditive l'amènent à se retirer du monde environnant.

A l'heure actuelle, aucune étiologie unique ne semble pouvoir expliquer le TSA et donc, nombre de théories, modèles et hypothèses ont été proposés. Certains ont placé cette symptomatologie sensorielle au cœur du syndrome en en faisant un trouble primaire qui sous-tendrait l'autisme et pas seulement un trouble associé (Rogé, 2015). Plusieurs modèles explicatifs de l'autisme se sont ainsi développés en se basant sur les atypies de la perception sensorielle relevées dans le TSA (Stanciu & Delvenne, 2016). Déjà dans les années 1980-1990,

les travaux pionniers de Lelord & Sauvage (1990) attestait de la prégnance des problèmes sensoriels relevés couramment à l'examen clinique, amenant ces auteurs à formuler l'hypothèse suivante : les personnes avec autisme vivent dans un monde de sensations en perpétuel changement et présentent une incapacité à moduler correctement toutes les informations provenant de différentes sources. Ils ajoutent : « les troubles de la communication et de la relation avec autrui qui caractérisent l'autisme de l'enfant sont étroitement liés à un trouble du développement des structures nerveuses qui participent au filtrage et à la modulation sensorielle, émotionnelle et posturo-motrice » (Lelord et Sauvage, 1990, p. 252). Plus récemment, Kovarski (2018) propose une classification non exhaustive de plusieurs théories cognitives et neurophysiologiques actuellement considérées comme des cadres de travail pour les études expérimentales. Les théories qu'elle décrit nous intéressent tout particulièrement car elles s'intègrent dans un ensemble de théories dites « perceptives » (Kovarski, 2018), mettant au cœur de leurs études, les particularités sensorielles qui sont aussi une de nos préoccupations dans cette présente thèse. Dans le cadre de ce travail de recherche, et dans la perspective de mener une étude portant sur les effets d'un logiciel de ralentissement des indices visuels et sonores pour répondre aux besoins spécifiques des personnes avec TSA du fait de leurs particularités sensorielles, il nous semblait essentiel de faire un état des lieux des théories existantes présentant les expériences perceptives et sensorielles comme étant à la base du TSA. Nous avons pour cela choisi de présenter certaines de ces théories, notamment à partir de la classification de Kovarski (2018) prenant appui sur trois dimensions : neurologique, cognitive, et sociale, nous proposons de nous appuyer sur les théories suivantes : la théorie de la faiblesse de cohérence centrale (Weak Central Coherence, Frith, 1989 ; Happé & Frith (2006) ; la théorie du sur-fonctionnement perceptif (Enhanced Perceptual Functioning, Mottron & Burack, 2001) ; la théorie de la probabilité bayésienne (Bayesian probability, Pellicano & Burr, 2012) ; la théorie du style d'apprentissage (Learning-style, Qian & Lipkin, 2011) ; la théorie du monde intense (Markram & Markram, 2010) ; la théorie des désordres du traitement temporo-spatial des flux multisensoriels (Gepner, 2014). La Figure 2 propose une adaptation de la représentation de la classification des théories perceptives du TSA de Kovarski (2018) qui présente les théories que nous allons maintenant détailler.

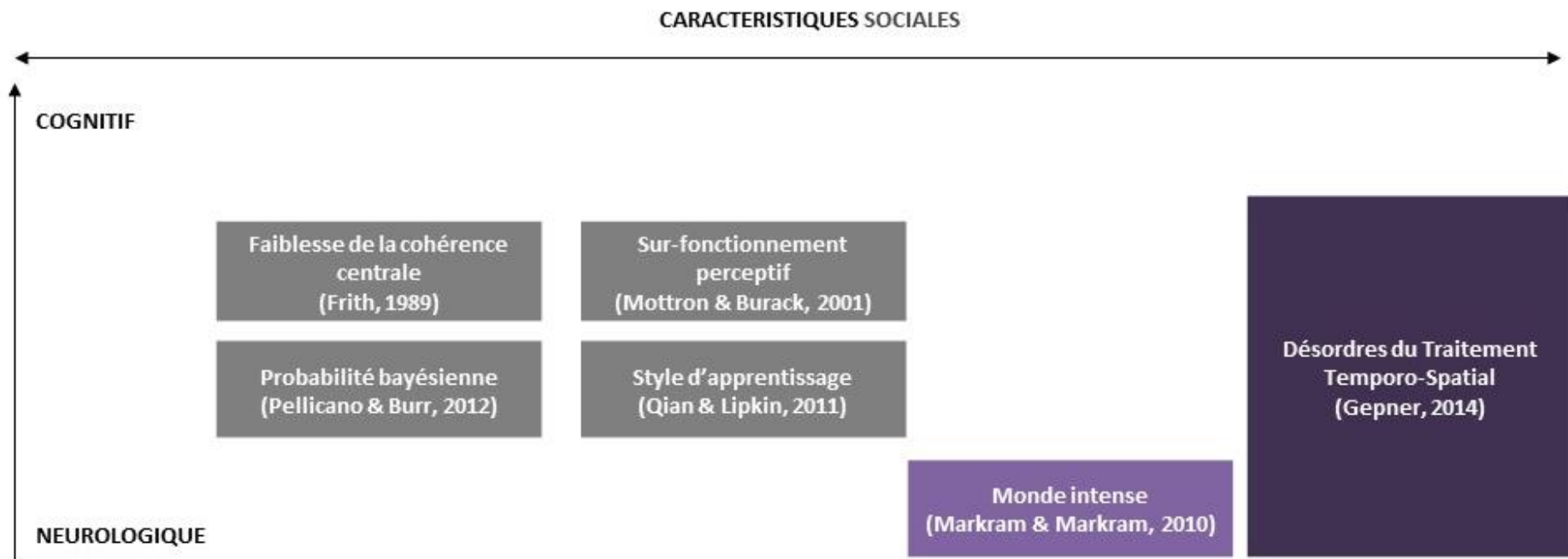


Figure 2. Représentation des théories perceptives dans le TSA, adaptée de la classification de Kovarski (2018)

2.1. La faiblesse de la cohérence centrale et le sur-fonctionnement perceptif

Le concept de « cohérence centrale » a été désigné pour rendre compte du phénomène qui nous permet d'intégrer et d'assembler de multiples informations reçues de l'environnement (cohérence locale), et ensuite de l'insertion de ces informations dans une organisation globale, cohérente et pourvue de signification (cohérence globale) (Frith, 1989). Dans la population typique, les individus s'attardent donc dans un premier temps sur les informations d'ensemble, ce qui leur permet d'avoir un accès à la signification globale, pour analyser ensuite plus finement les détails qui composent cet ensemble. D'après diverses expérimentations décrites ci-dessous, il semblerait que cet effet ne soit pas observé chez les personnes avec TSA. L'hypothèse d'une faiblesse de cohérence centrale dans cette population a ainsi été développée sur la base de différents travaux menés.

Ainsi, Jolliffe & Baron-Cohen (1997) ont proposé à des adultes avec TSA de haut niveau et avec un syndrome d'Asperger, en comparaison à des adultes contrôlés appariés sur l'âge réel, le sexe et la latéralité, de détecter des figures embarquées simples dans des dessins complexes. Les adultes avec TSA produisent des réponses équivalentes au groupe contrôle en terme de précision, mais ils le font avec des temps inférieurs. Cela est aussi observé chez des enfants avec autisme présentant un retard mental ou non, comparés à des sujets contrôles appariés sur l'âge chronologique et mental (Pellicano, Gibson, Maybery, Durkin, & Badcock, 2005 ; Shah & Frith, 1983). D'autres études (Caron, Mottron, Berthiaume, & Dawson, 2006 ; Shah & Frith, 1993) ont montré des capacités supérieures pour séparer en sous-parties un modèle général. En effet, les personnes avec TSA de haut comme de bas niveau, comparées à des groupes témoins, appariées sur l'âge et le QI, obtiennent des performances meilleures aux épreuves de type « conception de bloc », où le sujet doit reproduire à l'aide de cubes des motifs présentés sur une carte. Le subtest « triangle » du K-ABC (Kaufman & Kaufman, 2013) pour mesurer l'aptitude de l'enfant à assembler plusieurs triangles pour reproduire un modèle présenté a également été utilisé pour étudier les performances du public avec TSA en ce qui concerne le traitement des informations locales et globales. Cette épreuve est réussie par les enfants avec TSA, mais lorsqu'ils doivent traiter de manière simultanée tous les triangles qui composent la forme, ils traitent chaque triangle l'un après l'autre, et ne parviennent pas à les

intégrer dans un ensemble cohérent (Planche et al., 2002). Ces spécificités du traitement des informations observées chez les personnes avec TSA peuvent ainsi être associées à un traitement préservé et préférentiel des détails et à un moindre intérêt porté sur la structure globale et le sens qui en découle, c'est-à-dire à un déficit du traitement global de l'information.

D'autres études se sont aussi intéressées au traitement des informations statiques *versus* dynamiques et montrent des résultats identiques voire meilleurs chez les personnes avec TSA par rapport aux individus au développement typique. On observe en effet des capacités de recherches visuelles supérieures chez des enfants avec TSA dans des tâches nécessitant de discriminer une cible parmi des distracteurs (O'Riordan, Plaisted, Driver, & Baron-Cohen, 2001 ; Plaisted, O'Riordan, & Baron-Cohen, 1998). Plaisted et al. (1998) ont évalué à l'aide de deux épreuves des enfants avec TSA avec un haut niveau de fonctionnement et des enfants typiques, appariés sur l'âge chronologique et l'âge mental verbal. Dans la première tâche qui consistait à repérer une cible possédant une caractéristique commune avec un des distracteurs (S rouge parmi des T rouges et des X verts), les deux groupes ont des patterns de temps de réponse identiques. Pour la deuxième tâche qui consistait à présenter une cible partageant la forme et la couleur des distracteurs (un X rouge caché parmi des T rouges et des X verts), les sujets TSA sont plus rapides pour détecter la cible, et leur temps de réponse est moins influencé par l'augmentation du nombre de lettres présentées dans l'image que pour le groupe témoin. Mottron, Belleville, & Ménard (1999) proposent à des adultes avec TSA et au développement typique de recopier des dessins d'objets/non objets, et des figures possibles/impossibles. Les deux groupes ne se différencient pas sur la première tâche qui consiste à recopier des dessins d'objets et des figures possibles en termes de précision de la reproduction, et de temps pour la réalisation, mais les sujets contrôles sont plus en difficulté pour la reproduction des stimuli impossibles, leur temps de reproduction est plus important que celui des sujets avec TSA.

Ces éléments vont amener Frith (1996) à proposer l'existence d'un déficit du traitement global dans les TSA qui a pour conséquence un meilleur traitement des informations à un niveau local, à l'origine de performances supérieures, mais aussi un traitement des informations à un niveau global déficitaire. Autrement dit, les personnes avec TSA ont une attention accrue pour

les éléments d'une structure d'ensemble, une préférence pour le traitement des détails, mais cela se fait au détriment de la forme globale. Prenons par exemple, l'illustration ci-dessous (Figure 3). Une personne au développement typique percevra dans un premier temps un visage, c'est-à-dire la perception globale de l'image. Une personne avec autisme va percevoir en premier lieu les détails, c'est à dire des fleurs, ou un papillon au détriment de la signification globale de l'image. Donna Williams (1999) illustre également ces difficultés avec le témoignage suivant : « *Alors que quelqu'un d'autre aurait vu une « foule », je voyais un bras, une personne, une bouche, un visage humain, une chaise, un œil. Je voyais 10 000 images, là où quelqu'un d'autre n'en voyait qu'une* ». Frith (1996) indique que cette particularité du traitement de l'information peut sous-tendre les troubles perceptifs (en particulier auditif et visuel) et sociaux rencontrés dans les TSA.



Figure 3. Illustration du traitement des informations au regard de la théorie de faiblesse de cohérence centrale

Un paradigme est également utilisé pour étudier le traitement des informations locales et globales, le paradigme de Navon (Navon, 1977). Ce dernier consiste à présenter une lettre hiérarchisée ou une figure principale (globale) formée par de petites lettres ou de petites figures (locale). Les éléments locaux utilisés pour former la forme globale peuvent être congruents ou non congruents avec la forme globale. Cela permet de déterminer où se situe

les déficits du traitement de l'information, c'est-à-dire au niveau du traitement global ou local. Dans ce paradigme, les individus au développement typique sont plus rapides pour identifier la forme globale que les éléments locaux et sont plus gênés pour identifier la forme globale quand les éléments locaux sont non congruents. C'est ce que l'on appelle l'effet de préférence globale, les informations globales sont disponibles avant les informations locales. Selon la théorie de Frith, les personnes avec TSA devraient mettre plus de temps et faire plus d'erreurs pour trouver la forme globale que les éléments locaux. Cependant, Rinehart, Bradshaw, Moss, Brereton, & Tonge (2000) ne valident pas l'hypothèse développée par Frith. En effet, ces auteurs comparent les performances au paradigme de Navon d'enfants avec autisme et avec un syndrome d'Asperger en comparaison à des enfants témoins appariés sur l'âge, le sexe et le QI et observent un effet de préférence globale chez l'ensemble de ces enfants. Chacun d'entre eux a mis plus de temps à répondre quand les éléments locaux étaient non congruents avec la forme globale. De ces différents travaux, Mottron et Burack (2001) vont proposer la théorie d'un sur-fonctionnement perceptif dans le TSA, c'est-à-dire la supériorité du traitement local mais cela, indépendamment d'un quelconque déficit du traitement global. Ce qui amène par la suite, Mottron, Dawson, Soulières, Hubert, & Burack (2006) à dire que les personnes avec TSA auraient un style cognitif propre, lié à l'utilisation prédominante de l'analyse locale par rapport à l'analyse globale. Elles percevraient préférentiellement et par défaut les informations locales, mais le traitement global serait préservé et utilisé quand la tâche le demande. Ces particularités se retrouvent aussi bien sur le plan visuel, qu'auditif (Bonnell et al., 2003 ; Foxton et al., 2003) et peuvent expliquer les capacités exceptionnelles de certaines personnes avec TSA pour le dessin notamment (Mottron & Belleville, 1993). Dès lors, Happé & Frith (2006) vont modifier quelque peu les fondements de leur théorie de la faiblesse de cohérence centrale pour parler de « biais de traitement » plutôt que de « déficit ». Elles mettent ainsi l'accent sur un traitement local supérieur et non sur un déficit global, ce qui rapproche leur théorie de celle du sur-fonctionnement perceptif de Mottron et al. (2006).

Ainsi, ces deux théories se sont élaborées et nourries mutuellement pour proposer une base de réflexion solide à partir des données scientifiques. D'autres théories vont également

venir compléter la compréhension du fonctionnement des personnes avec TSA. C'est le cas notamment de la théorie de la probabilité bayésienne.

2.2. La théorie de la probabilité bayésienne

Malgré leur importance dans le domaine de l'autisme, l'impact des théories existantes et précédemment présentées, a été limité pour différentes raisons. Pellicano & Burr (2012) pointent le manque de données démontrant un lien empirique, et une nature parfois trop descriptive des données. De plus, ces écrits se concentrent principalement sur l'amélioration de la sensation et de la perception, en faisant référence à l'hypersensibilité dans l'autisme. Pourtant, la nature et le degré des expériences sensorielles du trouble du spectre de l'autisme (hypersensibilité, hyposensibilité, recherche de sensation et évitement sensoriel) varient énormément et fluctuent dans cette population, au plan inter et intra-individuel. D'après Pellicano & Burr (2012) ces théories ont également du mal à expliquer un paradoxe apparent, noté pour la première fois par Kanner en 1943, selon lequel « *l'enfant lui-même peut faire un bruit aussi fort que celui qu'il redoute et déplacer des objets à sa guise* » (p. 245), malgré le stress causé par les bruits ou les mouvements externes. Ils avancent alors que pour les personnes avec TSA, ce serait la nature inattendue et imprévisible des événements extérieurs en affectent le traitement. Ils suggèrent ainsi que comprendre comment les systèmes perceptuels traitent l'incertitude est la clé pour expliquer les particularités sensorielles et perceptives des personnes avec TSA.

C'est pourquoi, la théorie bayésienne¹, méthode mathématique d'inférence qui permet de déduire la probabilité d'un événement à partir de celles d'autres événements qui ont un lien avec lui, serait intéressante par rapport à la gestion de l'incertitude, difficile dans le TSA. Cette théorie décrit la possibilité de faire face à un degré d'incertitude et de donner la valeur la plus probable à un événement en désambiguïsant certaines entrées sensorielles, et donc en les rapportant à une expérience connue, autrement dit à une prédiction. Le fait d'établir la probabilité d'un événement dépend de deux aspects : la prédiction, c'est-à-dire les

¹ Voir article de Ouss (2018) pour une présentation des travaux princeps concernant la théorie bayésienne

expériences antérieures qui conditionnent les attentes et donnent une opinion a priori ; et l'information issue de l'expérience. La mesure de l'erreur de prédiction (par comparaison entre l'événement attendu a priori et l'événement produit) augmente la précision de la prédiction. Le but de l'inférence bayésienne est de diminuer le degré de désorganisation ou de manque d'information d'un système, qui provoque la surprise. Ce codage prédictif (« predictive coding ») est une compétence du cerveau qui génère des prédictions en fonction des entrées perceptives et des erreurs de prédiction.

C'est ainsi que Pellicano et Burr (2012) ont proposé d'appliquer la théorie bayésienne au trouble du spectre de l'autisme afin d'en expliquer les symptômes. Les auteurs font l'hypothèse d'une faiblesse des prédictions dans le cas de l'autisme, c'est-à-dire d'une moindre prise en compte des expériences antérieures pour déterminer la probabilité d'un événement et avoir une opinion a priori. Pour décrire ce phénomène, ils utilisent le terme d'« hypo-priors », faisant donc référence à une faiblesse des prédictions qui serait représentée par une large distribution de la probabilité antérieure. La suggestion ici n'est pas que les personnes avec autisme n'ont pas de prédiction, mais plutôt que leurs prédictions sont plus larges, car peu influencées par les expériences antérieures. On s'attend donc à ce que l'expérience perceptive des personnes avec TSA apparaisse de manière plus intense car elle est moins influencée et modulée par des contraintes internes et des expériences antérieures (Pellicano & Burr, 2012). Dans l'autisme, la prédiction reste toujours plus éloignée de l'événement, maintenant une erreur de prédiction importante, et un degré élevé de surprise par écart à la prédiction. Si cette surprise est nécessaire à maintenir la curiosité et l'investissement attentionnel et motivationnel, un degré trop important de surprise est potentiellement désorganisateur (Ouss, 2018). En effet, la faiblesse des prédictions pourrait expliquer plusieurs des caractéristiques centrales observées dans l'autisme. Premièrement, la présence d'une faiblesse des prédictions pourrait expliquer l'expérience perceptive accrue des personnes avec TSA, conduisant à leur faire percevoir le monde de manière plus précise, plutôt que modulée par les expériences antérieures (Ouss, 2018). Autrement dit, la faiblesse des prédictions dans l'autisme devrait moins altérer les signaux sensoriels, ce qui correspond aux performances supérieures souvent rapportées des autistes (Cherkassky et al., 2006). Comme nous l'avons vu précédemment, des personnes autistes peuvent être plus

performantes pour certaines tâches, comme le fait de copier des figures impossibles (Mottron et al., 1999), tâches quelque peu artificielles, pour lesquelles les prédictions devraient en réalité gêner les performances, ce qui n'est pas le cas pour les personnes avec TSA. Ce phénomène permettrait aussi d'expliquer les symptômes suivants : la difficulté à lever les ambiguïtés perceptives ; le fait d'être moins attentif aux prédictions antérieures pourrait susciter le sentiment de surcharge sensorielle en se sentant noyé par les informations sensorielles ; la difficulté à la généralisation (par la présence d'un écart trop important entre la prédiction et le résultat) ; la diminution de l'adaptation ; l'augmentation de l'effet des stimuli sensoriels (du fait d'un mauvais traitement de l'information) ; la résistance aux changements (car les personnes avec TSA présentent une difficulté à prédire les événements) ; ou encore les comportements répétitifs (afin de réduire l'incertitude de l'environnement.) (Ouss, 2018).

La théorie de la probabilité bayésienne appliquée à l'autisme est ainsi intéressante car elle nous permet de comprendre les particularités sensorielles de ce trouble à partir de la façon dont les personnes avec TSA déduisent la probabilité d'un événement de survenir. En effet, la faiblesse de prédiction face à un événement amène la personne avec TSA à centrer presque essentiellement sa perception sur les entrées sensorielles qu'elle reçoit lors de cet événement, et à n'être que très peu influencée par ses expériences antérieures. Si la personne avec TSA ne tient pas compte des expériences antérieures vécues afin de traiter l'information sensorielle entrante et de gérer ainsi l'incertitude, comment va-t-elle pouvoir tirer des conclusions de ces expériences et organiser son apprentissage ? Ceci nous amène à faire le lien avec une autre théorie développée afin d'explicitier ces particularités sensorielles, la théorie du style d'apprentissage.

2.3. La théorie du style d'apprentissage

La théorie du style d'apprentissage propose que les personnes avec autisme ne présentent pas le même style d'apprentissage que les personnes au développement typique. Les auteurs de cette théorie (Qian & Lipkin, 2011) décrivent deux styles d'apprentissage : l'apprentissage de style « table de correspondance » (« Look-Up Table », terme informatique désignant une table de correspondance qui permet d'associer des valeurs entre elles) qui

renvoie à un enregistrement d'expériences avec précision ; et l'apprentissage par interpolation qui extrait des règles sous-jacentes à partir des expériences. Selon le type d'apprentissage, l'ajustement se fait de manière différente. Prenons l'exemple développé par les auteurs pour illustrer ces deux types d'apprentissage (Figure 4). La tâche consiste à relier une donnée d'entrée x avec une donnée de sortie y , le but étant d'apprendre le lien entre x et y (représentés par des points). Avec l'apprentissage par interpolation, l'individu utilise une fonction d'ajustement large permettant d'extrapoler une tendance générale entre les points (Figure 4A). Cet apprentissage est dépendant du contexte, plus adapté aux tâches globales, complexes et permet de s'adapter à des données bruitées. En utilisant un apprentissage de style « table de correspondance », l'individu utilise une fonction d'ajustement précise, qui va lui permettre d'enregistrer chaque exemple avec précision, mais va ignorer la tendance générale (Figure 4B). Cet apprentissage est quant à lui indépendant du contexte, plus adapté aux tâches locales, simples mais ne permet pas de généraliser. Un autre exemple de tâche de ce type d'apprentissage pourrait être de mémoriser un numéro de téléphone.

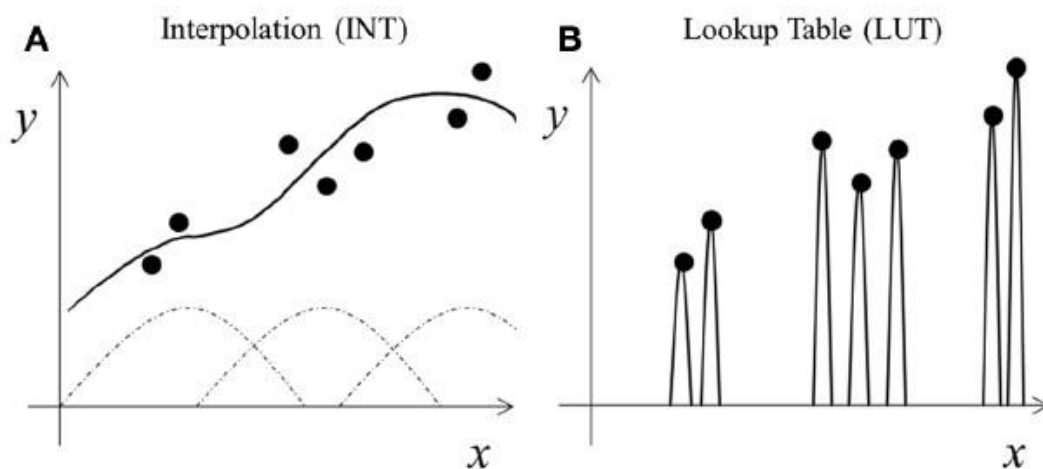


Figure 4. Illustration schématique des deux styles d'apprentissage présentés dans le modèle de Qian et Lipkin (2011) (A) Apprentissage par interpolation : utilisation d'une fonction d'ajustement plus large, permettant d'extrapoler une tendance générale entre les points. (B) Apprentissage de style « table de correspondance » : utilisation d'une fonction d'ajustement précise.

D'après Qian & Lipkin (2011), le style d'apprentissage « table de correspondance » correspondrait plus à la manière d'appréhender le monde des personnes avec TSA, alors que le style par interpolation correspondrait plus à celui des personnes au développement

typique. C'est une approche intéressante qui permet d'expliquer les difficultés rencontrées par les personnes avec TSA dans différents domaines, notamment dans le domaine sensoriel. En effet, d'après Qian & Lipkin (2011), l'explication de l'hypersensibilité dans le trouble du spectre de l'autisme repose sur le simple fait que tout le monde peut être surpris par un bruit, ou bien un toucher inattendu. Mais ces stimulations inattendues sont relativement peu fréquentes et brèves chez les personnes au développement typique, car leur apprentissage par interpolation a permis d'extraire des régularités sensorielles, des expériences motrices et sociales, et elles utilisent ces régularités pour prévoir et anticiper approximativement ce qui se passera sur différentes échelles de temps. Les auteurs donnent les exemples suivants : les personnes au développement typique s'attendent à un bruit fort lorsqu'elles voient un marteau, mais pas lorsqu'elles aperçoivent un oreiller ; elles anticipent un câlin lorsqu'un ami s'approche à bras ouverts ; même si elles ne remarquent pas quelqu'un à la porte, le premier coup peut les surprendre, mais pas les suivants, car elles anticipent ; l'apparition d'un aspirateur peut les surprendre, mais elles prédisent rapidement que le bruit persistera pendant un certain temps et s'y adapteront. Ainsi, pour elles, le monde est raisonnablement prévisible, en particulier dans un avenir proche, ponctué uniquement par de brèves surprises (Qian & Lipkin, 2011). En revanche, il sera difficile pour les personnes avec TSA qui, d'après les auteurs, font appel au style d'apprentissage par « table de correspondance » d'extraire des régularités et donc de prédire et d'anticiper. Ceci peut les amener à être fréquemment effrayées par les stimuli du monde et à réagir de manière excessive. Ceci explique l'hypersensibilité. Ainsi, la faible capacité de prédiction des personnes autistes doit rendre de nombreux événements quotidiens plus stressants et anxiogènes que pour les personnes au développement typique. Pour se protéger de ces surprises constantes, et de la stimulation sensorielle envahissante, les personnes autistes peuvent supprimer les stimuli pendant de longues périodes, ce qui peut expliquer leur hyposensibilité (Qian & Lipkin, 2011).

Cette approche permet également d'expliquer les difficultés rencontrées dans le domaine des interactions sociales. En effet, la relation entre les situations sociales et les réponses comportementales à y apporter sont flexibles, dépendantes du contexte et contiennent des règles sociales sous-jacentes (Qian & Lipkin, 2011). Les auteurs prennent l'exemple de la manière dont les personnes réagissent à la rencontre d'un nouveau collègue de travail. Des

règles générales vont permettre aux personnes de réagir à cette situation sociale, mais les comportements seront ajustés en fonction du contexte, s'il s'agit par exemple d'une connaissance occasionnelle ou bien d'un employeur potentiel. Selon la théorie du style d'apprentissage de Qian & Lipkin (2011), l'apprentissage de ces relations sociales sera difficile pour les personnes avec TSA. En effet, le fait de fonctionner avec un style d'apprentissage « table de correspondance » va les amener à enregistrer avec précision chacune des relations sociales et à ignorer la tendance générale. Elles vont ainsi stocker en mémoire chacune des expériences sociales, sans en extraire de régularité et ne pourront pas réutiliser ces informations pour de nouvelles situations sociales semblables. Ceci les amènera à être en difficulté pour s'ajuster à chacune des relations sociales rencontrées, et dans le meilleur des cas elles chercheront en mémoire le comportement déjà rencontré qui correspond le mieux à la situation actuelle rencontrée (Qian & Lipkin, 2011). Grandin (2006) illustre parfaitement cela en indiquant qu'au fur et à mesure qu'elle vieillit, elle décrit de mieux en mieux les situations sociales qu'elle rencontre car elle accumule de plus en plus d'exemples dans sa « bibliothèque visuelle » et peut ainsi mieux s'adapter aux situations sociales.

Selon Qian & Lipkin (2011), le TSA est caractérisé par un style cognitif basé sur la rigidité, la précision et une faible généralisation. Les personnes avec TSA n'utilisant pas le style d'apprentissage par interpolation, elles ne sont pas en capacité d'extraire des régularités suite à leurs expériences pour pouvoir prédire et anticiper la venue d'autres expériences. En fonctionnant avec un apprentissage de type « table de correspondance », les personnes avec TSA seraient envahies par les événements quotidiens et auraient une capacité réduite à filtrer les informations, ce qui entraînerait une surcharge sensorielle. Leur environnement serait plus stressant et anxiogène que pour les personnes au développement typique. Cette conclusion nous amène à faire le lien avec une autre théorie, qui s'appuie cette fois-ci sur des observations au niveau neurobiologique, la théorie du monde intense.

2.4. La théorie du monde intense

Parmi les nombreux modèles neurobiologiques des TSA, Markram & Markram (2010) ont proposé la théorie du monde intense et font l'hypothèse selon laquelle on observe une hyperfonctionnalité glutamatergique à microcircuits dans le néocortex des personnes avec

TSA. Ils proposent que ce syndrome moléculaire soit commun à toutes les régions du cerveau et qu'il produise une hyperréactivité et une hyperplasticité des microcircuits qui amène l'hyperfonctionnalité glutamatergique décrite ci-dessus. Cela peut provoquer une hypersensibilité, une hyperattention et une hypermémoire. L'hyperfonctionnalité de ces microcircuits dans le système limbique peut aussi entraîner une hyperémotivité. Les conséquences de cet hyper-fonctionnement de microcircuits neuronaux pourraient ainsi expliquer les principaux symptômes observés chez les personnes porteuses d'un TSA (Figure 5). En effet, la sévérité sur chacun de ces quatre axes (hypersensibilité, hyperattention, hypermémoire et hyperémotivité) pourrait permettre d'expliquer les symptômes de l'autisme dans tout le spectre (Markram & Markram, 2010). L'environnement serait perçu comme excessivement intense, d'où l'appellation « théorie du monde intense ».

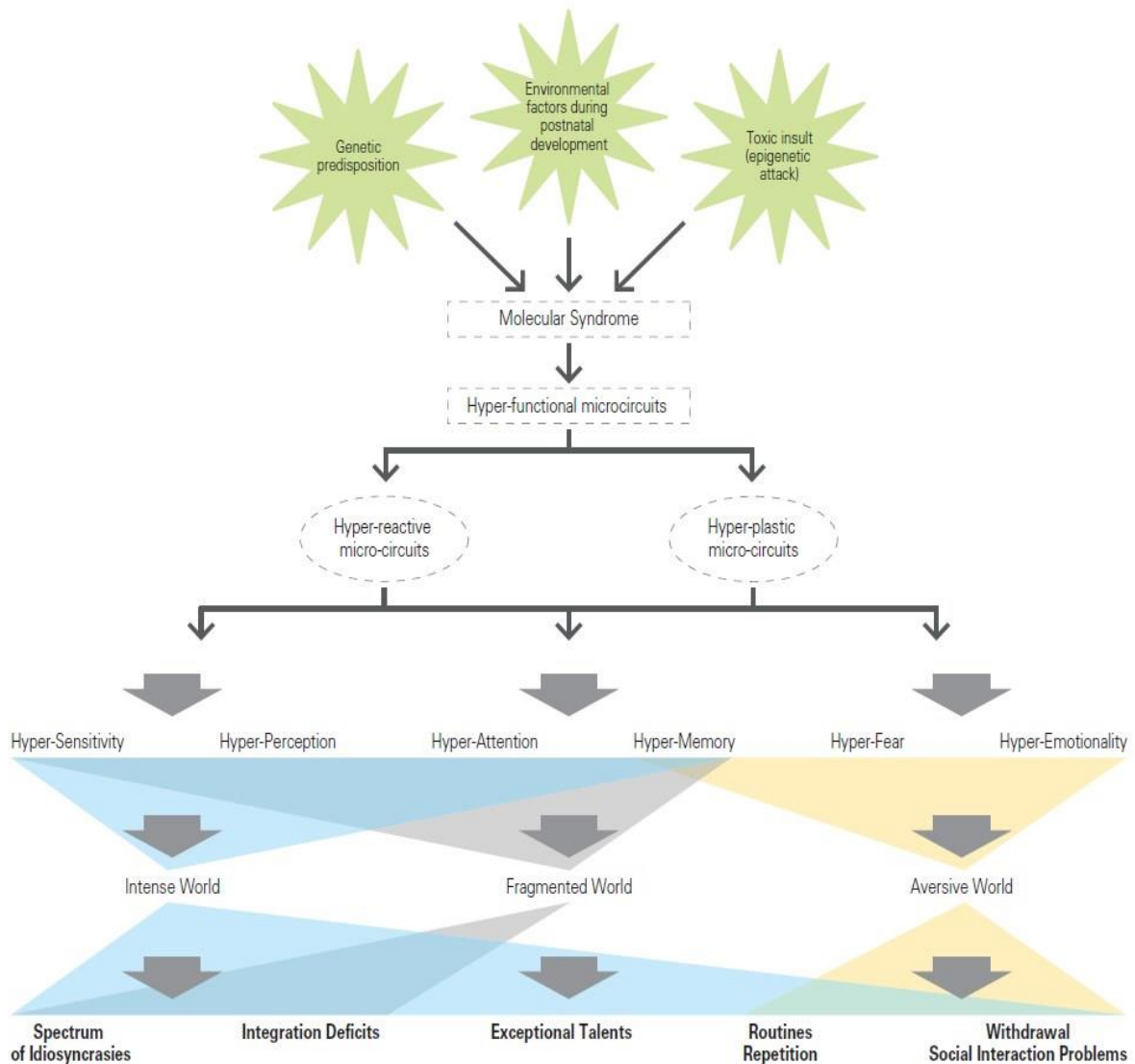


Figure 5. Schématisation de la théorie du monde intense (Markram & Markram, 2010)

Précisons davantage le mécanisme qui sous-tend ce modèle neurobiologique à partir de la description proposée par Markram & Markram (2010). Les microcircuits qui se trouvent dans des modules fonctionnels sont appelés colonnes néocorticales. Si ces colonnes sont hyperfonctionnelles, comme nous avons pu le voir précédemment, l'équilibre entre le traitement intra et inter-colonnes sera perturbé. Cependant, les millions de colonnes néocorticales chez l'homme doivent être excitées et inhibées avec précision afin de coordonner des fonctions cérébrales supérieures et des comportements complexes. Dans le cas de l'autisme, un traitement intra-colonnaire excessif, en particulier au cours du

développement, pourrait améliorer les processus sensoriels, moteurs et cognitifs les plus élémentaires. Avec des processus d'apprentissage et de mémoire excessifs, les régions sensorielles pourraient se regrouper en modules surspécialisés et conduire à un traitement d'hyperpréférences. Le traitement d'hyperpréférence dans le domaine sensoriel pourrait conduire à une sélectivité, une sensibilité et une spécialisation exagérées des caractéristiques sensorielles. Ce qui amène en cascade une hyper-perception, et une hypermémoire. Cette hyperpréférence pourrait ainsi expliquer un certain nombre de symptômes autistiques.

Markram & Markram (2010) constatent aussi une inhibition réduite de l'amygdale. L'hyperfonctionnalité de l'amygdale (et des centres émotionnels associés) ajoute ainsi une dimension hyperaffective très importante à la symptomatologie du spectre en rendant le monde des personnes avec TSA déjà intense, encore plus douloureux et aversif que ce qu'il est déjà. En conséquence, la personne avec TSA serait envahie par une perception fragmentée et amplifiée des morceaux du monde. Le monde intense auquel fait face la personne pourrait aussi facilement devenir aversif si l'amygdale et les zones émotionnelles connexes sont affectées par l'hyperfonctionnalité. Le manque d'interaction sociale dans l'autisme peut donc être dû à un sous-ensemble de signaux excessifs, excessivement mémorisés avec une clarté et une intensité effrayantes. Les symptômes typiques de l'autisme, tels que le regard détourné, le retrait social et le manque de communication, peuvent s'expliquer par une trop grande perception initiale de fragments sensoriels et sociaux de l'environnement, qui peuvent être si intenses que l'évitement est le seul refuge. Markram & Markram (2010) précisent que développer des fonctions d'ordre supérieur, telles que la pensée abstraite et le langage, lorsque l'alphabet élémentaire des caractéristiques est si surchargé, peut devenir difficile, voire impossible, dans les cas graves. Les conséquences positives d'un tel fonctionnement sont des capacités exceptionnelles pour des tâches élémentaires et spécifiques, tandis que les conséquences négatives sont une altération du traitement global, un verrouillage rapide d'un répertoire limité de routines comportementales, qui sont ensuite répétées de manière obsessionnelle.

Cette approche neurobiologique est tout à fait complémentaire des approches de la faiblesse de cohérence centrale (Happé & Frith, 2006) et du sur-fonctionnement perceptif

(Mottron & Burack, 2001) qui décrivent, d'un point de vue perceptif et cognitif, la présence d'une attention accrue pour les éléments et les détails d'une structure d'ensemble au détriment du traitement global. Chacune des théories présentées jusqu'ici tente de mieux expliquer le trouble du spectre de l'autisme en plaçant les expériences sensorielles au cœur du trouble. Une autre proposition complémentaire de ces approches, tente d'expliquer le TSA à partir des particularités de perception et de traitement dans le domaine sensoriel : les Désordres du Traitement Temporo-Spatial des flux multisensoriels (Gepner, 2014).

2.5. Les Désordres du Traitement Temporo-Spatial des flux multisensoriels

Dans cette partie, nous abordons le modèle des Désordres du Traitement Temporo-Spatial des flux multisensoriels (Gepner, 2014) qui intègre à la fois des aspects neurobiologiques et neuropsychologiques, mais aussi des données cliniques et expérimentales. Gepner et son équipe ont construit progressivement cette nouvelle approche de l'autisme au cours de différentes recherches qui ont finalement permis d'aboutir au développement d'un outil numérique permettant de ralentir le son et l'image de films présentés sur ordinateurs ou tablettes. Ces travaux apportent un éclairage concernant l'intérêt des outils numériques auprès des personnes avec TSA au regard de leurs particularités de traitement perceptif et sensoriel. Les recherches relatives à la construction de ce modèle sont décrites ci-dessous².

Les auteurs se sont tout d'abord demandés de quelle manière les enfants avec TSA perçoivent les mouvements et les intègrent dans leurs propre corps ? Le concept de « *malvoyance du mouvement* » (Gepner, 2001, 2005) a alors été développé afin de définir la présence de troubles de la perception visuelle et de l'intégration visuelle du mouvement physique (mouvements de l'espace environnant, mouvements des objets), et ce d'autant plus que les mouvements sont rapides. Une première étude (Gepner, Mestre, Masson, & de Schonen, 1995) menée auprès d'enfants avec TSA de faible niveau de développement a tout

² Pour une synthèse de ces travaux : Gepner (2014)

d'abord été menée. Cette dernière consistait à présenter aux enfants une scène visuelle constituée de cercles concentriques qui donnent l'impression de se dilater et de se contracter à différentes fréquences temporelles. Cela leur donne l'impression d'être dans un tunnel qui avance et qui recule de façon plus ou moins rapide. Face à cette scène, et dans le développement typique, un enfant oscille d'avant en arrière de manière synchrone avec le mouvement de l'image en compensant par sa posture l'illusion de voir son environnement bouger. Face à cette scène visuelle, les enfants avec TSA montrent une faible oscillation posturale, c'est-à-dire une moindre dépendance de leur posture au mouvement visuel, et donc une moindre utilisation des mouvements et de leur environnement visuel pour s'adapter au niveau postural. Une autre étude (Gepner & Mestre, 2002) menée auprès d'enfants avec TSA ayant un faible niveau de développement et des anomalies posturo-motrices importantes vient confirmer et préciser ces premières données. Les résultats montrent une certaine réactivité posturale au mouvement ambiant quand ce dernier est lent. Cependant, ces enfants ne présentent plus de réactivité posturale quand le mouvement environnant est rapide. Cela a amené les auteurs à supposer qu'à partir d'un certain seuil, les enfants décrochent par rapport au mouvement environnant. Ceci a été appelé le « découplage visuo-postural ». Dans cette même étude, des enfants avec un syndrome d'Asperger ont, quant à eux, montré un « hypercouplage visuo-postural » ce qui a amené les auteurs à supposer l'existence d'une corrélation entre l'intensité du trouble autistique et le degré de ses difficultés visuo-posturales par rapport au mouvement ambiant. Plusieurs études (revue de Kaiser & Shiffrar, 2009) ont montré que les enfants avec TSA de niveau cognitif variable présentent de moins bonnes capacités pour la détection des mouvements de points sur un écran par rapport aux enfants au développement typique. Ils ont une plus faible réactivité oculomotrice au mouvement, et des seuils plus élevés de cohérence du mouvement (autrement dit la nécessité d'un pourcentage plus élevé de points allant dans une direction donnée par rapport à l'ensemble des points) pour détecter le mouvement. Autrement dit, « *les enfants autistes auraient un déficit d'intégration spatio-temporelle de points singuliers à partir d'un ensemble de points animés d'un mouvement cohérent* » (Gepner, 2014, p.103). Les résultats de l'ensemble de ces études auprès d'enfants avec TSA confirment la présence d'un déficit de la vision du mouvement, et ce d'autant plus qu'il est rapide. Ces données vont dans le sens de la théorie

d'une faiblesse de cohérence centrale (Happé & Frith, 2006) indiquant une préférence pour un traitement local au détriment d'une intégration globale. Enfin, ces données permettent de mettre en avant des arguments expérimentaux qui montrent un défaut de perception visuelle et d'intégration visuo-motrice du mouvement physique environnant chez les personnes porteuses de TSA. Ces éléments pourraient « *expliquer leurs nombreux troubles sensori-moteurs, notamment leurs anomalies précoces dans le développement de l'ajustement visuo-postural, leur démarche particulière, leurs difficultés de coordination visuo-motrice, leur lenteur et/ou les maladresses motrice, etc.* » (Gepner, 2014, p.104).

Ce concept initial a été élargi au concept de « *malvoyance de l'é-motion* » (Gepner, 2005, 2006) pour rendre compte du fait que les anomalies perceptives ne portent pas seulement sur les mouvements physiques, mais aussi sur les mouvements biologiques (des êtres vivants animés) comme les mouvements des visages (a), ou bien les mimiques faciales émotionnelles (b).

(a) En effet, en utilisant un dispositif d'eye-tracking (oculométrie), qui permet d'enregistrer les mouvements oculaires (fixations et saccades) et la poursuite oculaire pendant la diffusion de séquences filmées ou d'images sur un écran d'ordinateur, un certain nombre d'études ont exploré les patterns visuels des personnes avec TSA. Une méta-analyse de 122 études menée par Frazier et al. (2017) avec pour objectif d'analyser les études associant l'autisme à l'oculométrie nous permet de mieux comprendre les patterns d'exploration visuelle dans le TSA. Les résultats de ces travaux mettent en avant différents éléments : on observe des anomalies du regard malgré le large éventail de stimuli et des aires d'intérêt (AOI pour Area Of Interest) ; ces effets semblent les plus importants lorsque les stimuli décrivent une interaction humaine et concernent les AOI essentielles pour la perception du contexte social et émotionnel ; les personnes avec TSA accordent une plus grande attention aux régions non sociales dépourvues d'indices sociaux importants et d'attention aux yeux et aux régions du visage étant essentiels pour une perception sociale précise ; enfin, ces résultats vont dans le sens des hypothèses déjà formulées indiquant que les personnes avec TSA regardent plus la bouche que les yeux (Klin et al., 2002). D'autres études se sont intéressées aux patterns d'exploration visuelle d'enfants avec TSA en comparaison à des enfants au développement

typique, en faisant la distinction entre la présentation de stimuli statiques ou dynamiques. Yi et al. (2016) ont présenté des stimuli statiques à partir de 24 photographies d'une femme adulte. Les résultats mettent en avant des temps de fixation sur le visage significativement inférieurs et des temps de fixation en dehors du visage significativement supérieurs pour les enfants TSA par rapport aux enfants au développement typique. Wan et al. (2018) ont quant à eux présenté des stimuli dynamiques (vidéo d'une jeune femme récitant l'alphabet) et observent des temps de fixation significativement moins importants sur les yeux, la bouche, le corps, la personne et le visage pour les enfants avec TSA par rapport aux enfants au développement typique, mais seuls les temps de fixation de la bouche et du corps peuvent distinguer significativement les enfants avec autisme des enfants au développement typique.

(b) Afin de mieux comprendre les anomalies perceptives de personnes avec TSA concernant les mouvements biologiques, des études ont également été réalisées sur la reconnaissance des émotions faciales. En effet, de nombreuses études montrent que les personnes avec TSA ont du mal à reconnaître, comprendre et imiter des mouvements, gestes ou activités humaines notamment lorsque ces mouvements sont porteurs d'un contenu émotionnel, social ou symbolique. Tardif, Lainé, Rodriguez, & Gepner (2007) ont montré que la reconnaissance des émotions est déficitaire chez les enfants avec TSA. Pelphrey et al. (2002) l'ont également montré chez les adultes. Cependant, certaines de ces études ont eu recours à des informations statiques (photographies de visages). Mais il semble que les personnes avec TSA rencontrent également des difficultés lorsque les informations sont dynamiques. Brosnan, Johnson, Grawmeyer, Chapman, & Benton (2015) ont réalisé une étude auprès d'adolescents avec TSA en comparaison à des adolescents de même âge réel et de QI verbal et de performance équivalents et leur ont présenté des visages humains dynamiques et statiques, des visages de dessins animés dynamiques et statiques, et des voix humaines et des voix de dessins animés. Les résultats indiquent que les adolescents avec TSA sont moins performants pour reconnaître les émotions présentées par des visages humains dynamiques et statiques que les adolescents au développement typique. Pour tester encore davantage la reconnaissance des expressions faciales chez des enfants avec TSA, Gepner, Deruelle, & Grynfeldt (2001) ont introduit dans leur étude des mimiques faciales dynamiques (et non plus des photographies). Ces mimiques filmées ont été diffusées de manière relativement lente

aux enfants avec TSA. Les résultats montrent que les enfants avec TSA reconnaissent des mimiques faciales, à contenu émotionnel ou non, de la même façon que des enfants au développement typique plus jeunes. Ceci signifie qu'« ils présentent un retard de développement, mais pas de désordre majeur de la reconnaissance des mimiques faciales contrairement, à ce que montraient d'autres études de reconnaissance des visages utilisant des photographies ou des schémas de visages » (Gepner, 2014, p.105). Les enfants avec TSA ont une certaine capacité à percevoir des mouvements faciaux et à en extraire une information faciale pertinente à la suite de la présentation d'une séquence visuelle dynamique lente. Gepner, Deruelle, & Grynfeldt (2001) ont également observé que cette présentation lente a permis d'induire une imitation faciale chez les participants avec TSA. L'ensemble de ces résultats ont conduit les auteurs à compléter le concept de « malvoyance du mouvement » par celui de « malvoyance de l'é-motion » pour rendre compte à la fois des difficultés liées à la reconnaissance des émotions (E-motion pour émotion) mais aussi des altérations du mouvement (motion) biologique et physique. Tardif et al. (2007) ont continué à travailler sur les effets d'une présentation ralentie en testant l'influence de la vitesse des mouvements faciaux sur la reconnaissance et l'imitation immédiate des mimiques faciales. Ils ont pour cela utilisé trois vitesses de présentation (normale, deux fois, et deux fois et demie plus lente que la vitesse réelle). Les résultats de cette étude confirment que les enfants TSA reconnaissent moins bien les mimiques faciales que les enfants au développement typique (peu importe la vitesse), et les auteurs observent également que plus l'autisme est sévère, moins les performances sont bonnes. Ces premières études ont permis de mettre en avant le fait qu'un facteur semble important pour les enfants avec TSA : la vitesse du mouvement (Gepner, 2014). Pour certains d'entre eux hypersensibles, plus la vitesse du mouvement augmente, plus elle est aversive. Alors que pour d'autres, plus le mouvement est rapide, moins il est perçu.

Enfin, le concept de « *désordres du traitement temporo-spatial des flux multisensoriels* » (Gepner, 2014) a été développé afin de rendre compte des anomalies de la perception et du traitement de la dynamique temporelle rapide de stimuli multisensoriels. Dans ce sens, trois équipes de recherche ont testé sur un même groupe de 22 enfants et adolescents avec un TSA leurs performances, (a) dans la modalité visuelle, (b) auditive, (c) et proprioceptive.

(a) Mestre et al. (2002) ont testé la réactivité oculo-motrice à un mouvement cohérent de points lumineux, lent ou rapide, à travers la mesure de saccades oculo-motrices. Les résultats ont montré que ces enfants avec TSA ont une plus faible réactivité oculo-motrice au mouvement et des seuils plus élevés de cohérence du mouvement, d'autant plus que le mouvement était rapide par rapport au groupe d'enfants au développement typique du même âge. Cette anomalie suppose donc un défaut d'analyse temporelle rapide de stimuli visuels en mouvement inclus dans du bruit et qui est donc un argument fort d'une dégradation de l'intégration temporo-spatiale en modalité visuelle des enfants TSA (Mestre et al., 2002).

(b) Pour la modalité auditive, Tardif, Thomas, Gepner, & Rey (2002) ont étudié la perception et la segmentation de flux verbal à travers la catégorisation de phonèmes simples et complexes en parole normale ou ralentie. Les résultats ont mis en avant un déficit de catégorisation de certains phonèmes chez les enfants avec TSA par rapport à des enfants au développement typique. En effet, ces derniers catégorisent un phonème ambigu tel que MNA soit en MA, soit en NA (50%-50%), tandis que les enfants TSA perçoivent majoritairement le phonème MNA comme étant un NA. Cette surcatégorisation anormale apparaît quand les phonèmes sont présentés en vitesse normale, mais elle disparaît quand les phonèmes sont présentés en vitesse ralentie par deux. Cette difficulté à traiter le flux verbal rapide et/ou complexe et ambigu permet de souligner la présence d'un défaut d'intégration temporelle dans la modalité auditive (Tardif et al., 2002).

(c) La réactivité proprioceptive et l'anticipation motrice ont été testées dans une tâche de délestage bimanuel dite du « garçon de café » (Schmitz et al., 2002) dans laquelle une personne soulève un poids fixé à son poignet par un aimant. Cela génère chez la personne une perturbation dans la posture de son avant-bras. Pour y parvenir (donc pour réussir à anticiper le mouvement nécessaire pour minimiser cette perturbation), la tâche requiert un traitement temporel rapide des événements proprioceptifs, mais aussi la construction d'un modèle interne (la représentation interne du poids à délester), ainsi que l'ajustement temporel précis des événements musculaires qui visent à compenser le délestage. Les enfants avec TSA présentent un défaut d'anticipation motrice dans cette tâche et utilisent un mode de contrôle rétroactif (en feed-back) qui se fait au prix d'un ralentissement du mouvement. Ce défaut

d'anticipation et d'ajustement temporel précis du contrôle du mouvement pourrait en partie résulter d'une altération du traitement temporo-spatial des événements proprioceptifs initiaux, et donc d'un défaut d'intégration temporo-spatial dans la modalité proprioceptive (Schmitz et al., 2002).

Les résultats de l'ensemble de ce programme de recherche permettent donc de mettre en avant un défaut d'intégration temporo-spatiale des flux multisensoriels nécessaire pour détecter et intégrer le mouvement visuel, coder et découper le langage, et programmer des ajustements posturaux chez les enfants avec TSA (Gepner, 2014). Quelles peuvent être les conséquences de tels déficits ? Ce déficit du traitement temporel des stimuli sensoriels dynamiques rapides peut générer en cascade de nombreux symptômes observés chez les personnes atteintes de TSA tels que des troubles de la perception du mouvement des yeux ; des troubles de la perception des mouvements labiaux et des altérations de l'utilisation de l'information labiale pour le décodage audiovisuel de la parole ; des troubles de la perception des mouvements faciaux et corporels dans leurs aspects émotionnels ; des altérations de la perception et de l'intégration dans le corps propre des mouvements physiques de l'environnement qui pourraient induire des degrés variables de dysfonction exécutive (anticipation, planification, inhibition) ; des défauts de perception des aspects temporels rapides des sons et de la parole ; l'apparition précoce de troubles imitatifs des mouvements biologiques et un ralentissement de l'intégration sensori-motrice ; une tendance à focaliser l'attention sur l'environnement statique ; une attention auditive accrue et une hypersensibilité auditive à certains détails sonores ou fréquences acoustiques ; des altérations du couplage sensori-moteur ; des difficultés dans la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles et non émotionnelles (Gepner, 2014). Le modèle des désordres du traitement temporo-spatial des flux multisensoriels (DTTS) repose donc sur deux constats essentiels. Premièrement, les personnes avec TSA présentent des particularités perceptives et sensorielles au niveau visuel, auditif, proprioceptif et tactilo-kinesthésique qui s'observent à tout âge et dans les différents degrés de sévérité du TSA. Deuxièmement, ces troubles participeraient en cascade aux désordres de la communication verbale et non verbale, et aux difficultés d'interactions sociales et sensori-motrices. Autrement dit, et d'après ce modèle, les DTTS entraînent des déficits perceptifs et intégratifs des flux multisensoriels qui génèrent à

leur tour des difficultés du traitement de l'information. Les symptômes majeurs de l'autisme découleraient en cascade de ces DTTS. C'est ce que l'auteur appelle les cascades « maldéveloppementales ». Gepner & Féron (2009) complètent cette théorie en indiquant que les DTTS reposent sur des disconnectivités-dissynchronies multisystèmes du cerveau. En effet, les personnes avec TSA présentent soit un défaut de synchronisation neuronale (désynchronisation neuronale) qui se manifeste pendant le traitement de stimuli rapides ou globaux qui incluent le contexte. Dans ce cas, les stimuli rapides et/ou complexes ne peuvent pas être correctement perçus et traités par les personnes TSA et cela engendre un ralentissement du traitement de l'information ; soit un excès de synchronisation (hypersynchronisation neuronale) qui se manifeste pendant la présentation de stimuli visuels ou auditifs statiques et locaux d'où l'importance du traitement local supérieur.

Pour résumer, le monde environnant va trop vite ou semble changer trop vite pour les personnes avec TSA. Cette approche des désordres autistiques pourrait rendre compte de nombreux symptômes majeurs de l'autisme et servir de base à une nouvelle approche thérapeutique du TSA. En effet, *« l'ensemble de ces anomalies d'intégration temporelle et spatiale, et d'inscription dans un espace et un temps partagés avec autrui, expliquerait les véritables obstacles et décalages temporels dans la communication entre les personnes autistes et leur environnement humain, ainsi que leurs bizarreries interactionnelles et comportementales »* (Gepner, 2014, p.115). Afin d'accompagner au mieux les personnes avec TSA au regard de ces particularités, une piste intéressante semble se dessiner depuis maintenant une quinzaine d'années : l'usage d'un logiciel de ralentissement (Logiral™, Tardif & Gepner, 2012, 2014) permettant de ralentir le son et l'image de films présentés sur ordinateurs ou tablettes. Nous développerons dans la partie suivante la question de l'usage de ce type d'outil, c'est-à-dire les technologies numériques, auprès des personnes avec TSA, tout en nous intéressant plus particulièrement à un outil numérique, le logiciel de ralentissement Logiral™, puisque l'une de nos études dans le cadre de ce travail de thèse (cf. Chapitre 4) vise à étudier les effets du ralentissement d'informations visuelles et auditives sur les comportements d'enfants avec TSA.

Modèles explicatifs de l'autisme basés sur les expériences perceptives et sensorielles –

Résumé

Nous avons pu le constater dans la première partie de cette revue de la littérature, l'idiosyncrasie des atypies sensorielles représente l'une des caractéristiques les plus surprenantes de l'autisme (Pellicano & Burr, 2012). De plus, ces expériences sensorielles semblent entretenir des liens étroits avec les principales manifestations comportementales de l'autisme, notamment des altérations de la communication verbale et non verbale et peuvent avoir des effets délétères sur la vie des personnes avec TSA. Les travaux de Baron-Cohen et al. (2009) et Bertone et al. (2005) se sont de plus en plus intéressés à ces particularités sensorielles qui semblent être imputables à des différences fondamentales de sensation et de perception, et sont qualifiées par certains auteurs de désordres du traitement perceptif des informations (Gepner & Tardif, 2009). Plaçant la symptomatologie sensorielle comme étant au cœur du syndrome, plusieurs modèles ont ainsi vu le jour (Gepner, 2014 ; Happé & Frith, 2006 ; Mottron et al, 2006 ; Pellicano & Burr, 2012 ; Qian & Lipkin, 2011), contribuant à une meilleure compréhension de l'autisme et proposant ainsi parfois des solutions alternatives pour répondre aux difficultés rencontrées par les personnes avec TSA.

C'est en effet le cas du modèle des désordres du traitement temporo-spatial des flux multisensoriels (Gepner, 2014), qui postule que les informations sensorielles sont trop rapides pour être intégrées et traitées correctement par les personnes avec TSA, participant ainsi en cascade aux difficultés de communication et d'interactions sociales. En effet, si ces troubles socio-communicatifs proviennent d'anomalies perceptives au niveau de la vision des mouvements biologiques (Gepner et al., 2001 ; Tardif et al., 2007) et de l'audition des sons de la parole (Tardif et al., 2002), surtout lorsque les stimuli sont rapides et/ou complexes, alors l'usage d'un logiciel de ralentissement c'est-à-dire d'un outil numérique, auprès des personnes avec TSA s'avère être une piste d'accompagnement intéressante pour répondre à leurs difficultés. Cela permet d'ouvrir plus largement la question de l'usage des outils numériques auprès du public avec TSA, question que nous abordons dans la partie suivante.

3. Trouble du Spectre de l'Autisme et Technologies numériques

Les particularités sensorielles précédemment exposées peuvent être considérées au regard des outils numériques, car si le développement croissant du numérique a changé considérablement nos modes de communication, nos relations sociales, notre réflexion et nos actions, il a aussi fortement influencé la vie des personnes avec TSA (Vandromme, 2018) et les interventions basées sur les nouvelles technologies, notamment avec les tablettes tactiles, sont très utilisées auprès des personnes avec TSA pour augmenter leurs compétences communicationnelles, comportementales, sociales, ou encore académiques (Hong et al., 2018). Cet enthousiasme pour les nouvelles technologies peut en partie s'expliquer par l'affinité et l'intérêt que les personnes avec TSA portent à ces outils (Porayska-Pomsta et al., 2012). Bien que certaines méta-analyses indiquent que ces interventions sont efficaces (Hong et al., 2017; Stephenson & Limbrick, 2015), ces résultats sont à prendre avec précaution car ils présentent certaines limites. La question de l'usage des technologies numériques dans le TSA sera ainsi développée dans les parties suivantes puisque notre étude 1 a pour objet de tester l'effet de l'utilisation d'un outil numérique, une tablette tactile dotée d'applications spécifiques et adaptées au public avec TSA, sur le développement des compétences d'enfants avec TSA.

3.1. Des technologies innovantes aux technologies numériques

Depuis les années 2000, le « monde numérique » a vécu une évolution majeure à travers un développement croissant des différents panels de propositions, à un point tel que, ce courant de recherche et ces catégories d'intervention que l'on nommait auparavant « *innovative technologies* » (Goodwin, 2008) peuvent désormais porter le nom de « *technologies numériques* », car un certain nombre de ces technologies ont cessé d'être considérées comme innovantes avec le temps (Grossard & Grynszpan, 2015). En effet, les écrans, l'Internet, les divers outils numériques, les réseaux sociaux, ... c'est-à-dire les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont quasi omniprésentes dans

nos activités quotidiennes et ont considérablement transformé nos activités (Vandromme, 2018). L'usage de ces technologies ne concerne pas seulement l'utilisation des écrans. Cela inclut également la robotique (Billard et al., 2007), la réalité virtuelle (Parsons & Cobb, 2011), les DVD et vidéo interactifs (Golan et al., 2010), les environnements virtuels collaboratifs basés sur internet (D. Moore et al., 2005), ou encore les affichages visuels basés sur le suivi des yeux grâce à l'eye-tracking (Grynszpan et al., 2012).

3.1.1. Supports technologiques et domaines d'intervention

La technologie concerne donc un large spectre d'outils divers et variés. Comment les personnes avec TSA se saisissent-elle de ces outils ? Quel en est leur usage ? Des auteurs tels qu'Hedges et al. (2018) ont cherché à répondre à cette question en administrant un questionnaire à 472 adolescents avec TSA, sans déficience intellectuelle, âgés de 14 à 21 ans. Concernant les formes de technologies utilisées le plus couramment, 57% des adolescents ont indiqué utiliser un smartphone, 26% une tablette, 22% une console de jeu, 23% un ordinateur portable et 17% un téléphone cellulaire sans internet. La fonction de l'utilisation de ces outils varie, selon le lieu d'utilisation. A l'école, 95% des adolescents utilisent la technologie pour rechercher des informations sur internet, 91% pour taper des choses comme du texte, 80% pour faire des présentations, 76% pour remettre des devoirs, et 66% pour travailler avec d'autres étudiants. A la maison, l'utilisation est la suivante : 90% des adolescents regardent des vidéo en ligne sur YouTube, 87% recherchent des informations sur internet, 81% font des jeux vidéo, 61% utilisent la technologie pour soutenir leurs apprentissages, 59% pour remettre des devoirs, 47% pour planifier leurs activités, et 38% pour communiquer avec leurs enseignants et camarades. Les résultats de cette étude mettent en avant divers effets positifs de l'utilisation de cette technologie auprès de ce public. En effet, 87% des adolescents précisent que la technologie rend l'apprentissage plus facile, et 85% plus amusant. Ils indiquent aussi qu'utiliser ces outils pendant leurs temps de pause ou de déjeuner leur permet de se détendre (84%). Les conclusions de cette étude mettent finalement en avant que les adolescents avec TSA utilisent les technologies pour trois principales raisons, à savoir : (1) augmenter leur indépendance (en utilisant des calendriers, des alarmes, en faisant des recherches sur internet pour trouver des informations, etc.) ; (2) améliorer leurs opportunités

sociales (car ces méthodes d'interaction sont moins intimidantes (Gillespie-Lynch et al., 2014)) ; (3) et soulager leur anxiété et leur stress (en écoutant de la musique, en jouant à des jeux, ou en contactant leurs aidants au cours de la journée). Cependant, un obstacle a été soulevé par les répondants : la nature distrayante de la technologie. Une autre limite majeure doit être soulevée concernant cette étude : la description faite de l'usage des technologies par les personnes avec TSA concerne essentiellement des adolescents, qui ne présentent pas de déficience intellectuelle. Il est donc essentiel de s'intéresser à d'autres études qui explorent cet usage auprès d'un public plus large (notamment en termes d'âge), et présentant d'autres profils. C'est le cas notamment de Laurie et al. (2019) qui cherchent à donner des informations supplémentaires sur l'usage des technologies à la maison des enfants avec TSA. Pour cela, à l'aide d'un questionnaire en ligne, ils ont interrogé 388 parents de ces enfants avec TSA classés en 5 groupes (« enfants d'âge préscolaire » : âgés de 5 ans et moins ; « enfants » : de 6 à 12 ans ; « adolescents » : de 13 à 17 ans ; « jeunes adultes » : de 18 à 25 ans ; et « adultes » : de 26 ans et plus). Pour tous les groupes d'âge, les outils les plus utilisés étaient les tablettes tactiles et les ordinateurs portables. De plus, pour les enfants comme pour les adultes, les fonctions les plus courantes de l'utilisation de ces outils étaient les jeux, la lecture de vidéo sur YouTube, ou encore l'écoute de musique. Les données de la recherche indiquent donc que l'utilisation de la technologie comme une activité récréative est courante chez les personnes avec TSA (Fletcher-Watson & Durkin, 2015). Cependant, d'après Laurie et al. (2019), ces fonctions ne doivent pas être considérées comme de simples divertissements. En effet, les parents ont mis en évidence des avantages liés à cette utilisation récréative comme le fait d'apprendre à épeler des mots tout en recherchant une vidéo sur YouTube, ou bien en augmentant le vocabulaire en regardant des vidéo. Finalement une utilisation de la technologie peut nous sembler non fonctionnelle (exemple : regarder de façon répétitive une vidéo sur internet), alors qu'elle peut avoir un rôle important dans la vie de l'individu (être relaxante ou apaisante, ou encore apporter des connaissances) (Laurie et al., 2019). Les résultats de l'étude de Laurie et al. (2019) mettent en avant un autre résultat intéressant. D'après les retours des parents, les personnes présentant un trouble des apprentissages utilisent davantage, de façon indépendante, les technologies que les personnes sans troubles des apprentissages. Ils expliquent cela par le raisonnement suivant : pour les enfants

présentant plus de difficultés, les parents s'efforcent de trouver des interfaces technologiques différentes (notamment lorsque l'utilisation d'outils type clavier et souris n'est pas possible), et ces derniers s'impliquent fortement dans l'instruction et le soutien pour l'utilisation de ces outils.

Les données de la littérature énoncées ci-dessus mettent en avant une forte utilisation des technologies par les personnes avec TSA, sous des formes diverses et pour différentes fonctions (Hedges et al., 2018 ; Laurie et al., 2019). Comment expliquer cet intérêt ? L'enthousiasme autour de l'utilisation des nouvelles technologies dans l'accompagnement des enfants et des adolescents avec TSA peut être en partie expliqué par l'intérêt inné de ce public pour les ordinateurs et la technologie (Kuo et al., 2014). Bernard-Opitz et al. (2001) observent en effet que les enfants avec TSA apprécient davantage leur programme d'entraînement sur ordinateur par rapport aux enfants au développement typique. Moore & Calvert (2000) observent un résultat similaire en comparant l'apprentissage de vocabulaire via un ordinateur et un apprentissage similaire prodigué par un humain. Les résultats montrent que les enfants avec TSA font preuve de plus d'attention et de motivation, mais aussi qu'ils ont acquis un nombre supérieur de mots avec le programme sur ordinateur par rapport au programme avec la personne humaine. Il semblerait que les technologies offrent différents avantages par rapport aux difficultés rencontrées par les personnes avec TSA. En effet, Moore et al. (2000) et Murray (1997) identifient que les ordinateurs sont exempts de demandes sociales difficiles et déroutantes. La technologie, notamment à travers l'activité informatique et contrairement aux environnements éducatifs ordinaires, ne fait pas appel aux compétences de communication sociale qui posent des difficultés aux personnes avec TSA (Grossard & Grynspan, 2015). Elle produit des réponses immédiates, prévisibles, qui peuvent être répétées à l'infini (Moore et al., 2000 ; Murray, 1997) et permet aussi de présenter les informations de manière séquentielle (Knight et al., 2013). De plus, les tâches sont clairement définies et favorisent ainsi la focalisation de l'attention en réduisant les distractions dues à des stimulations sensorielles qui seraient non-pertinentes (Murray, 1997). Les modèles présentés précédemment ont en effet pu pointer la difficulté des personnes avec TSA à sélectionner les stimuli pertinents et à ignorer ceux étant non-pertinents pour construire une perception globale pourvue de sens (Happé & Frith, 2006). Face à cela, l'activité informatique

pourrait permettre de présenter des contextes d'apprentissage adaptatifs et optimaux pour chacune des personnes avec la possibilité d'augmenter progressivement les niveaux de complexité (Bölte et al., 2010). Enfin, de nombreuses technologies numériques ont un coût qui les rend facilement accessibles aux familles et aux professionnels (Knight et al., 2013).

La tendance croissante vis-à-vis de l'utilisation de ces technologies du numérique a ainsi fortement influencé la vie des personnes avec TSA, de leurs familles et de leurs accompagnateurs. En effet, ces interventions fondées sur les technologies, notamment motivées par l'attrance attribuée aux personnes avec TSA envers ces nouvelles technologies (Grossard & Grynszpan, 2015), jouent un rôle de plus en plus important dans la clinique de l'autisme avec l'émergence de nouvelles thérapies et de nouvelles modalités d'accompagnement (Nadel, 2017). Le National Autism Center (2009) a nommé cette nouvelle catégorie d'interventions « *technology-based treatment* » et perçoit l'utilisation des technologies comme un secteur en émergence au service des personnes avec TSA. Les professionnels, cliniciens et praticiens, mais aussi les chercheurs ont aussi noté le grand bénéfice des technologies comme outils thérapeutiques et éducatifs auprès du public avec TSA et manifestent donc un intérêt de plus en plus important pour ces nouvelles technologies (Durkin, 2010). En effet, on observe une augmentation du nombre d'interventions utilisant ces technologies auprès des personnes avec TSA (Ramdoss et al., 2011), mais aussi du nombre de recherches et d'études sur le sujet depuis les années 2000 (Grossard & Grynszpan, 2015 ; Koumpouros & Kafazis, 2019). Ainsi, de nombreuses solutions numériques concrètes sont proposées par les familles, mais aussi par les professionnels pour accompagner les personnes avec TSA dans les difficultés qu'elles rencontrent (Vandromme, 2018). Ces différents usages couvrent un champ infini de possibilités, que ce soit en termes de contenus (émotion, conscience corporelle, communication, cognition et habiletés sociales, apprentissages scolaires et préscolaires), ou bien en termes de supports technologiques (tablettes tactiles, jeux sérieux, environnements virtuels, robots humanoïdes) (Grossard & Grynszpan, 2015). L'usage des TIC auprès des personnes avec TSA peut être classé en trois principales catégories (Boucenna et al., 2014). Premièrement, les applications qui ont pour objectif de faciliter la vie sociale (Kagohara et al., 2013 pour une revue). Deuxièmement, l'utilisation de robots (Boucenna et al., 2014 ; Huijnen et al., 2016 pour des exemples). Troisièmement, les jeux

sérieux qui peuvent être définis comme « des jeux et équipements numériques avec une conception pédagogique au-delà du divertissement » (Park et al., 2012).

Que disent les recherches menées jusqu'à ce jour concernant les effets de ces interventions fondées sur l'usage des technologies du numérique auprès des personnes avec TSA ? Les recherches utilisant une méthodologie d'évaluation semblent apporter des preuves de l'efficacité globale de ces interventions (Grossard & Grynszpan, 2015 ; Grynszpan et al., 2014). Cependant, il semblerait qu'il soit encore difficile d'évaluer précisément l'efficacité de ces interventions ce qui amène le National Autism Center (2009) à davantage parlé de secteur « émergent » plutôt que « établi » en termes de validité clinique et scientifique (Grynszpan et al., 2014). Nous proposons de détailler ci-dessous les principales recherches et études à ce sujet.

Les usages du numérique couvrent de nombreux domaines mais également de nombreux supports. Un certain nombre d'études, de revues de la littérature ou encore de méta-analyses ont alors été réalisées afin d'apporter des informations et des données précises concernant ces nouvelles interventions auprès des personnes avec TSA. Que l'on utilise des applications, ou bien des environnements virtuels et/ou augmentés, il semblerait que ces outils constituent un véritable levier dans la compensation des difficultés rencontrées au quotidien par ces personnes (Campillo et al., 2014 ; Kaboski et al., 2015). En effet, de nombreux outils ont été développés (robots humanoïdes, applications numériques, logiciels informatique, environnements de réalité virtuelle et/ou augmentée, etc.) afin d'accompagner les personnes avec TSA dans différents domaines (autonomie, communication, socialisation, apprentissages préscolaires et scolaires, reconnaissance des émotions, etc.). La méta-analyse de Grynszpan et al. (2014) s'est concentrée sur les interventions basées sur les innovations technologiques (comprenant les programmes informatiques, la réalité virtuelle et la robotique) auprès d'enfants avec TSA pour l'accompagnement de différents types de compétences tels que la résolution de problèmes sociaux, le traitement facial et émotionnel, la planification spatiale, les compétences en littératie, ou encore des compétences diverses (académiques et cognitives, langage réceptif, aptitudes sociales et en autonomie). L'analyse des résultats des 21 études incluant 419 participants avec TSA (âgés entre 3 et 29 ans) permet de mettre en

évidence l'efficacité de ces interventions à partir de différences post-test entre les groupes ayant reçu une intervention basée sur les nouvelles technologies et les groupes témoins. Les auteurs constatent également qu'il n'y a pas d'effet de l'âge et du QI des participants. Ce qui signifierait que ces technologies ne sont pas plus efficaces pour un sous-type spécifique ou un groupe d'âge de personnes avec TSA. Ce résultat est tout de même à nuancer avec le fait que les personnes avec TSA présentant un quotient intellectuel moyen ou supérieur à la moyenne étaient surreprésentées dans l'ensemble des études (67,8% des participants). Grossard & Grynszpan (2015) précisent ces données en présentant deux approches dans l'utilisation des technologies numériques : (1) les technologies d'assistance et (2) l'entraînement assisté par les technologies numériques. La première fait référence à des technologies numériques développées dans l'objectif d'offrir des outils d'aide à la vie quotidienne alors que dans la deuxième approche l'objectif est d'entraîner les personnes avec TSA à maîtriser des compétences considérées comme altérées dans l'autisme. A travers leur revue de la littérature, Grossard & Grynszpan (2015) présentent les principaux résultats pour chacune de ces approches.

(1) Les technologies d'assistance sont largement utilisées dans le domaine de la communication alternative ou augmentée (CAA). Diverses applications permettant à la personne avec TSA de s'exprimer notamment par l'intermédiaire d'une synthèse vocale associée à des images à sélectionner sur smartphone ou tablettes tactiles telles que Proloquo2Go (Kagohara et al., 2010 ; Van der Meer et al., 2012), PixTalk (De Leo et al., 2011), Pic a Word (Flores et al., 2012), PECS Phase III (Ganz et al., 2013), ou encore iFeel (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018). La technologie numérique dans un objectif de technologie d'assistance est aussi utilisée pour aider les enfants avec TSA dans leur quotidien à travers la planification des activités. Des applications (Pic Calender ou My Choice Board, Shane et al., 2012) ou bien des calendriers électroniques (Mintz et al., 2009) existent afin de les aider dans la gestion de leur emploi du temps. La revue de la littérature de Grossard & Grynszpan (2015) concernant cette approche a permis de mettre en évidence les nombreux avantages de l'utilisation des technologies numériques par rapport aux supports papiers traditionnels notamment la réduction du volume matériel, la transportabilité de l'outil, mais aussi le fait

que ces outils sont moins stigmatisant que d'autres outils d'un point de vue social comme peut l'être un classeur de communication par exemple.

(2) Les technologies numériques sont aussi massivement utilisées pour l'entraînement de compétences bien spécifiques telles que la reconnaissance des expressions faciales. Par exemple, le jeu FaceSay a notamment été développé par Hopkins et al. (2011) afin d'enseigner de manière ludique aux enfants comment distinguer les expressions faciales émotionnelles. Golan et al. (2010) ont quant à eux utilisé un DVD interactif The Transporters mettant en scène des interactions sociales entre des véhicules munis de visages expressifs auprès d'enfants de 4 à 7 ans. Les résultats de ces études indiquent que ces dispositifs ont permis aux enfants d'améliorer leurs capacités de reconnaissance des émotions faciales émotionnelles. Ces technologies sont aussi utilisées pour le développement de compétences sociales et communicatives. Un environnement de réalité virtuelle représentant une cafétéria et permettant de travailler les comportements adéquats à adopter a été développé et testé par Mitchell et al. (2007). La réalité virtuelle est un dispositif intéressant qui permet de mettre en pratique des compétences, de les affiner et de les consolider à travers des jeux de rôle dans des environnements simulés, sécurisés et contrôlés (Bölte et al., 2010). Grynszpan et al. (2012) se sont quant à eux intéressés aux particularités du regard souvent rapportés dans l'autisme (Frazier et al., 2017) et ont mis au point un dispositif avec un eye-tracker permettant d'afficher des vidéos à l'écran intégralement floutées à l'exception d'une fenêtre de vision claire située autour du point de fixation du participant. Les mouvements des yeux de ce dernier déplacent cette fenêtre, servant ainsi de feedback à la personne pour contrôler son regard. Plusieurs de ces projets types existent et sont proposés aux personnes avec TSA afin de les entraîner sur diverses compétences sociales. D'autres recherches s'intéressant au traitement des émotions (Kim et al., 2015) et des comportements sociaux ayant recours à l'utilisation d'agents virtuels (personnages virtuels animés dont les comportements expressifs et faciaux sont contrôlables) (Grynszpan et al., 2017) se sont développées. Le développement des robots sociaux dont l'objectif principal est d'initier, d'enseigner et d'améliorer les compétences sociales des personnes avec TSA à travers des activités ludiques est aussi l'un des apports du numérique (Warren et al., 2015). A la suite de leur revue de la littérature concernant l'efficacité de ces entraînements, Grossard & Grynszpan (2015) concluent qu'il est encore difficile d'évaluer

précisément l'efficacité de ces accompagnements car trop peu d'études se sont intéressées au maintien des effets de l'utilisation de ces nouvelles technologies sur le long terme, et que l'hétérogénéité des différents entraînements rend leur comparaison difficile, d'autant plus que les méthodes d'évaluation de l'efficacité varient d'une étude à une autre.

Bien que la littérature souligne le potentiel de ces technologies numériques, des questions subsistent et il semble difficile de traiter ces données du fait des différences entre les caractéristiques des études (associant différents supports et domaines d'intervention), les différentes procédures, les différents cadres théoriques, ou encore les différentes méthodologies (Grynszpan et al., 2014).

3.1.2. Utilisation des tablettes tactiles par les personnes avec TSA

Nous venons de le voir, les technologies numériques proposent un large éventail de possibilités (robotique, réalité virtuelle, interfaces tactiles, logiciels informatiques, etc.). Dans le propos qui va suivre nous proposons de nous focaliser sur l'une de ces solutions numériques : les tablettes tactiles. Pourquoi choisir de parler plus spécifiquement de cet outil portable et mobile ? Parce que l'on observe un développement de tablettes tactiles (Apple iPod, Apple iPod Touch, Apple iPad, Apple iPhone, Samsung Galaxy Tab et autres téléphones intelligents pour n'en citer que quelques-uns), composés de logiciels informatiques appelés « applications », qui ont considérablement transformé le paysage des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Nous l'avons vu précédemment, Hedges et al. (2018) indiquent en effet qu'il s'agit du deuxième outil le plus utilisé par les adolescents avec TSA, derrière les smartphones, et devant les consoles de jeux et les ordinateurs. A travers leur revue systématique de la littérature, Koumpouros & Kafazis (2019) ont cherché à préciser les données de la recherche concernant l'usage de ces technologies portables et mobiles auprès des personnes porteuses de TSA. Ils observent que parmi ces technologies, celles qui ont fait l'objet de plus d'études sont les technologies d'assistance (c'est-à-dire des outils qui visent à améliorer la qualité de vie des personnes porteuses de TSA et/ou de DI) (29,6%), suivies des ordinateurs (26%), et des systèmes de communication par ordinateur (28,6%). Ces technologies ont été utilisées à différentes fins : 53% concernaient la formation des personnes avec TSA, 30,8% des activités de suivi et d'accompagnement, et

15,4% des activités de soutien. Les études concernant l'accompagnement des personnes avec TSA étaient principalement centrées sur le développement des compétences sociales (58,3%), professionnelles (8,3%), diverses compétences (8,3%), les premiers soins (8,3%), la coopération (4,2%), les sciences (4,2%), la numératie (4,2%), ou encore le vocabulaire (4,2%). Dans le cadre de leur étude, O'Neill et al. (2019) apportent des informations complémentaires concernant l'usage des technologies d'assistance, définies par l'Organisation Mondiale de la Santé comme des « produits d'assistance et des systèmes et services développés pour permettre aux personnes de maintenir ou d'améliorer leur fonctionnement et de promouvoir ainsi le bien-être » (OMS, 2016, p.1). Ils ont interrogé 96 aidants d'une personne avec TSA à l'aide d'un questionnaire en ligne (54% de parents et aidants familiaux, 17% de thérapeutes, 10% d'enseignants, 9% identifiés comme « autre », 6% d'amis, et 4% d'autres membres de la famille). 26% d'entre eux ont estimé que la personne avec TSA a besoin d'un « soutien complet », 48% qu'elle a besoin de « beaucoup de soutien », et 21% seulement « besoin de soutien ». Plus de la moitié de ces aidants (58%) ont répondu avoir déjà eu recours à une technologie d'assistance pour différentes fonctions : l'éducation (31%), la communication (25%), les comportements difficiles (16%), la planification (15%), et les compétences sociales (10%). 32% des répondants ont ensuite indiqué que cet accès s'est fait à l'aide d'une tablette tactile. Enfin, l'expérience d'utilisation avec les technologies d'assistance a été jugée très bonne dans 38% des cas, et bonne dans 43% des cas (O'Neill et al., 2019).

Ces applications sont ainsi largement utilisées à des fins éducatives, pédagogiques et d'accompagnement, ouvrant le champ de l'apprentissage par les nouvelles technologies. Virole (2014) identifie six fonctions pour lesquels les applications présentes sur les tablettes numériques peuvent être utilisées auprès du public avec TSA : (1) une fonction de communication à partir de bibliothèques d'images et de pictogrammes associés à des fichiers permettant l'émission sonore du mot afin de remédier aux difficultés de communication de personnes avec TSA ; (2) une fonction d'apprentissage pour aider les personnes avec autisme à apprendre des notions, des connaissances spécifiques souvent basée sur des méthodes d'accompagnement telles que TEACCH ou ABA ; (3) une fonction de remédiation permettant de travailler les fonctions exécutives (attention, mémoire de travail, planification, etc.) ; (4) une fonction mémoire car les tablettes comme les ordinateurs sont des systèmes qui

permettent de conserver et de classer du contenu dans le temps ; (5) la fonction connaissance et culture car il est possible d'utiliser internet et un moteur de recherche pour avoir accès à des informations innombrables et permettre aussi à la personne de se constituer un nouveau rapport au monde ; (6) une fonction d'immersion, car la personne peut utiliser elle-même son outil, réaliser des actions, parfois même avec une certaine charge émotionnelle. L'une des premières explications à cet engouement pourrait donc être la grande variabilité des possibilités d'utilisation de cet outil numérique dans le cadre de l'accompagnement des personnes avec autisme. D'autres éléments sont également à souligner : le caractère non stigmatisant de cet outil. En effet, beaucoup de personnes considèrent ces outils comme « cool » et « d'apparence normale » par rapport à d'autres outils plus volumineux (Song, 2012). Ils sont également mobiles et portables et peuvent donc être utilisés dans de nombreux environnements mais aussi personnalisables, et accessibles car peu coûteux (Song, 2012). De plus, la variété d'applications disponibles permet de travailler un grand nombre de compétences. Enfin, ces outils disposent de capacités techniques intéressantes telles qu'une grande possibilité de stockage et de récupération de données (Song, 2012) ou encore une autonomie de batterie relativement satisfaisante (Cumming & Strnadova, 2012).

Nous avons vu précédemment que les personnes avec TSA présentent un intérêt particulier envers ces nouvelles technologies. Cette observation semble en effet se confirmer car les caractéristiques de ces technologies numériques semblent tout à fait correspondre au fonctionnement des personnes avec TSA (Moore, McGrath & Thorpe, 2000 ; Murray, 1997). Cela se confirme-t-il plus précisément en ce qui concerne les tablettes tactiles ? D'après le DSM-5 (APA, 2013), les particularités sensorielles font partie intégrante des troubles du spectre de l'autisme. Un certain nombre de modèles ont alors été décrits afin de rendre compte de ces particularités et d'expliquer le fonctionnement des personnes avec TSA. Parmi ces modèles, nous avons présenté celui des Désordres du Traitement Temporo-Spatial (DTTS) qui indique que dans l'autisme, sont présentes des spécificités de perception et d'intégration des événements sensoriels rapides dans les modalités sensorielles visuelle, auditive, mais aussi proprioceptive (Gepner, 2014). La perception et l'intégration de ces événements visuels, auditifs et proprioceptifs est altérée, ce qui génère des difficultés de traitement de ces différentes informations. L'intérêt massif des personnes avec autisme pour ces tablettes

semblent pouvoir s'expliquer par la possibilité que ces outils offrent de répondre aux spécificités de traitement perceptif et temporel observé dans l'autisme, tout en évitant les difficultés inhérentes à l'interaction avec une personne (Virole, 2014). En effet, il semble que ces outils numériques, de par leur caractère constant et répétitif, la nature immédiate, prévisible et répétitive des informations, mais aussi l'absence de distractions sensorielles non-pertinentes ou encore de demandes sociales difficiles semblent tout à fait répondre aux particularités de fonctionnement des personnes avec TSA. Virole (2014) ajoute que ces mondes virtuels peuvent offrir une fonction structurante à la personne avec TSA à la recherche de constance des événements mais aussi d'intégration spatio-temporelle maîtrisée. Yu et al. (2008) notent l'importance des expériences sensorimotrices et leur rôle dans l'apprentissage chez de jeunes enfants. Les représentations bidimensionnelles (2-D) présentées sur un écran n'induisant pas de perception, d'intégration et de traitement du regard de l'accompagnant (Allen, Hartley, & Cain, 2016) pourraient jouer un rôle important dans ces expériences sensorimotrices des enfants au cours de leur utilisation de ces outils et favoriseraient ainsi l'apprentissage.

Du fait des spécificités de ces outils numériques qui suscitent de l'intérêt chez les personnes avec TSA, il y a là un potentiel d'apprentissage et de motivation, notamment dans les domaines du langage et de la communication, pour aider cette population à compenser ses difficultés socio-communicatives et comportementales. En effet, on constate que dans la mise en place d'une communication augmentée et alternative (CAA), les interventions basées sur des iPad sont souvent préférées par les enfants avec TSA à des interventions plus traditionnelles (Lorah et al., 2013, 2015). Si les enfants ont une préférence pour ce type d'outils, cela peut augmenter la probabilité d'utilisation de l'outil et ainsi une plus grande communication, reflétant ainsi un meilleur apprentissage. D'autres expériences ont montré que l'utilisation de la tablette tactile par deux personnes avec TSA ou Déficience Intellectuelle (DI) induit une augmentation de la motivation (Amar et al., 2012), et qu'elle facilite le développement et la consolidation des apprentissages chez les enfants (Battocchi et al., 2009). D'autres recherches indiquent aussi que les iPad, en comparaison à des interventions effectuées par des enseignants et thérapeutes, peuvent donner lieu à une plus grande implication, et une réduction des comportements difficiles au cours du temps (El Zein et al.,

2016 ; Fletcher-Watson & Durkin, 2015 ; Lee et al., 2015). Nous le verrons par la suite, les études ne mettent pas systématiquement en avant un meilleur apprentissage par l'intermédiaire de l'outil numérique, mais il ne faut pas sous-estimer la motivation des enfants à utiliser un support plutôt qu'un autre car les processus de motivation ont un impact direct sur l'acquisition et le transfert des connaissances (Dweck, 1986). La tablette tactile peut aussi susciter l'intérêt de ces utilisateurs par son caractère ludique et attractif (Wolff et al., 2014), et de nombreuses études montrent que l'apprentissage est facilité par le jeu (Hussaan et al., 2011), élément que l'on retrouve également chez les personnes avec TSA (Battocchi et al., 2009 ; Mazurek et al., 2012). Enfin, il semblerait que les écrans tactiles soient plus faciles à utiliser pour certains enfants atteints de TSA car ils ne forcent pas les enfants à associer le déplacement d'un périphérique physique (la souris) au déplacement du curseur sur l'écran (Whalen et al., 2006).

Selon la théorie socio-culturelle développée par Vygotski (1934/1985), l'interaction sociale joue un rôle primordial dans le développement d'un enfant, et le développement des fonctions supérieures trouverait son origine dans les relations entre les individus. Ceci conduit Vygotski à écrire : « *chaque fonction psychique apparaît deux fois au cours du développement de l'enfant : d'abord comme activité collective, sociale et donc comme fonction interpsychique ; puis elle intervient une deuxième fois comme activité individuelle, comme propriété intérieure de la pensée de l'enfant, comme fonction intrapsychique* » (1934/1985, p. 111). En complément, il propose le concept de *zone proximal de développement*. Il s'agit d'un espace d'apprentissage entre le niveau actuel de l'enfant (c'est-à-dire ce qu'il sait réaliser par ses propres moyens) et son niveau de développement potentiel (ce qu'il est capable de réaliser avec l'aide d'une personne plus compétente) (Brossard, 2008). C'est donc par l'intermédiaire de ces interactions avec un individu plus expert que lui que l'enfant va être en capacité d'apprendre. Vygotski (1985) précise que « *ce que l'enfant sait faire aujourd'hui en collaboration, il saura le faire tout seul demain* » (p. 272). Dans la même perspective développementale, Bruner (1983) souligne l'importance d'autrui pour le développement des compétences de l'enfant. D'après lui, la plupart des « savoir-faire » acquis par l'enfant au cours de son développement sont le fruit d'une situation de tutorat au cours de laquelle des personnes plus expertes essaient de l'amener à trouver la solution d'un problème qu'il

n'aurait pas réussi à résoudre seul. Cette interaction entre l'expert et le novice est soutenue par le concept d'étayage, c'est-à-dire que l'expert doit « prendre en main des éléments de la tâche qui excèdent initialement les capacités du débutant, lui permettant ainsi de concentrer ses efforts sur les seuls éléments qui demeurent dans son domaine de compétence et de les mener à terme » (1983, p. 263). Cette idée était déjà présente dans les travaux de Vygotski (1985) avec le concept d'*échafaudage*, qui consiste en une assistance fournie à la personne apprenante pour lui permettre d'acquérir des compétences ou d'accomplir des tâches qu'elle ne peut réaliser de manière autonome (Wood et al., 1976). Ainsi, l'outil numérique, et plus particulièrement les applications sur tablettes tactiles, peuvent aussi être utilisées en tant qu'échafaudage pour le développement afin de soutenir l'apprentissage dans la zone proximale de développement de l'enfant. Cela peut signifier simplifier ou séquencer une tâche, donner des indices verbaux et/ou visuels, etc. Des échafaudages peuvent être intégrés aux différentes activités que propose une application pour structurer et soutenir l'apprentissage, tel que le professionnel pourrait le faire lors de son accompagnement (Allen et al., 2016) dans une forme de tutorat ou d'étayage. Dans cette logique, le numérique peut, par sa capacité à programmer des échafaudages facilement disponibles par programmation, correspondre aisément aux besoins de la personne accompagnée (stimuli de couleurs, synthèse vocale pour guidance verbale, organisation des tâches, etc.). Cette notion d'aide, qui peut notamment être médiatisée ou fournie par les technologies numériques, est également questionnée par Pélissier & Puustinen (2017) dans un numéro spécial consacré à l'aide en contexte numérique d'apprentissage.

Il semble donc que l'utilisation des tablettes tactiles ouvre un champ de possibles en ce qui concerne l'apprentissage et l'accompagnement des personnes avec TSA. Ces outils numériques semblent en parfait accord avec le fonctionnement des personnes au vu de leurs particularités sensorielles, et cela semble faciliter leur apprentissage. Cependant, qu'en est-il réellement en termes d'apports spécifiques à la suite d'une intervention basée sur cet outil numérique ?

3.1.3. Apports des tablettes tactiles dans l'accompagnement des personnes avec TSA

Les tablettes tactiles ont ainsi été utilisées afin d'améliorer les compétences considérées comme altérées dans le trouble du spectre de l'autisme. En effet, les applications numériques sur tablettes tactiles peuvent constituer un véritable levier dans le développement des compétences des personnes avec TSA. Un certain nombre d'études s'est alors intéressé à l'effet de l'utilisation de ces outils dans les programmes d'intervention auprès du public avec TSA. Nous proposons ci-dessous une présentation de ces différentes études dans trois domaines d'intervention qui nous semblent importants au vu des difficultés rencontrées dans le TSA : la communication, l'autonomie et la socialisation, domaines d'intervention qui font l'objet d'une prise en charge spécifique pour les enfants avec TSA de notre étude.

3.1.3.1. Effets sur les compétences en communication

Tout d'abord, l'intérêt de l'utilisation des tablettes tactiles concernant le développement de compétences en communication auprès de personnes porteuses d'une déficience intellectuelle (DI), d'un TSA, ou de syndromes apparentés a été démontré dans différentes études. Kagohara et al. (2013), à travers leur revue systématique de la littérature, y ont largement contribué. En effet, l'analyse des huit études de cette revue sur le sujet (Achmadi et al., 2012; Flores et al., 2012; Kagohara et al., 2010; Kagohara, van der Meer, et al., 2012; van der Meer et al., 2011; van der Meer, Kagohara, et al., 2012; van der Meer, Didden, et al., 2012; van der Meer, Sutherland, et al., 2012) met en évidence des preuves d'efficacité concernant l'utilisation d'un générateur de parole via un iPod Touch ou un iPad pour développer la demande d'objets par des enfants avec un trouble du développement. L'application Proloquo2Go™ (Sennott & Bowker, 2009) a été utilisée à trois reprises par l'intermédiaire d'iPad ou d'iPod Touch afin d'enseigner la compétence de demander une collation auprès de 6 personnes (un garçon de 17 ans atteint d'autisme, de TOC et de TDA/H : Kagohara et al., 2010 ; un garçon de 13 ans atteint d'autisme et de déficience intellectuelle grave, un garçon de 14 ans atteint de déficience intellectuelle grave, et une femme de 23 ans souffrant d'épilepsie et de déficience intellectuelle : van der Meer et al., 2011 ; et deux

adolescents atteints de TSA de 13 et 17 ans : Achmadi et al., 2012). Ces études indiquent que les participants ont réussi à utiliser correctement l'application pour demander des collations. L'application Proloquo2Go™ a également été utilisée à 3 reprises auprès de 12 enfants âgés de 4 à 13 ans afin de faire des demandes en comparaison à un système de communication par images (Kagohara et al., 2010; van der Meer, Kagohara, et al., 2012) et à la langue des signes Makaton (van der Meer, Sutherland, et al., 2012). La majorité des enfants de ces 3 études manifestent une préférence pour l'utilisation de l'application comme système de communication alternatif en comparaison aux deux autres alternatives. Une alternance entre un système de communication basé sur un iPad et un système de communication basé sur images a également été proposé à 5 garçons âgés de 8 à 11 ans et atteints de TSA, d'handicaps multiples et de déficience intellectuelle dans ce même objectif (Flores et al., 2012). Les auteurs constatent que 3 participants sur les 5 ont fait plus de demandes dans la condition iPad, alors que les deux autres n'ont pas montré de différence de nombre de demandes entre ces deux systèmes. Ceci suggère que l'iPad est tout au moins un système comparable au système de communication basé sur l'image et qu'il est un outil pédagogique intéressant pour travailler auprès de ce public la demande d'objets ou de collation. L'application Proloquo2Go™ a aussi été utilisée auprès de deux adolescents porteurs de TSA âgés de 13 et 17 ans afin de nommer des images. Les résultats indiquent que ces deux étudiants sont tout à fait en mesure de répondre à l'exercice de nomination d'image à l'aide du générateur de parole de l'application. Ces résultats extraits de la revue de Kagohara et al. (2013) vont dans le sens d'autres travaux comme ceux de Lorah et al. (2013) qui indiquent que l'utilisation d'un iPad comme générateur de parole amène des taux de réponses indépendantes plus élevés qu'un système d'échange par images tel que le PECS, mais aussi que dans 17 études, 93% des personnes améliorent leurs capacités de communication en utilisant cet outil (Lorah et al., 2015). Ces auteurs précisent que l'apprentissage d'une demande via un générateur de parole sur iPad par rapport à d'autres interventions de communication augmentée et alternative (comme le langage gestuel ou les échanges d'images) amène globalement plus de réussite, un maintien de cette amélioration, et demande moins de temps par rapport à un système d'échanges par images dit « classique » (Lorah et al., 2013). Une autre étude de Xin & Leonard (2015) a montré que 3 enfants âgés de 10 ans, présentant un TSA et ayant peu ou pas de discours fonctionnel

avaient appris à initier des demandes, répondre à des questions, et faire des commentaires sociaux après six semaines d'utilisation d'un générateur de parole avec iPad. Ce qui signifie que cet outil pourrait être utilisé auprès d'enfants avec TSA peu ou non verbaux pour développer leur communication. D'autres auteurs tels qu'Alzrayer et al. (2019) ont aussi cherché à tester l'efficacité de l'enseignement de compétences en communication à partir de l'utilisation de l'application Proloquo2Go™ à l'aide d'un iPad. Pour cela, ils ont accompagné 3 garçons âgés de 7 à 10 ans, ayant reçu un diagnostic de TSA, et présentant des capacités de communication fonctionnelles limitées. A partir d'une séance d'une durée de 20 à 25 minutes chaque jour, répétée trois à quatre fois dans la semaine, et ce pendant environ six mois, les auteurs leur ont enseigné les compétences suivantes : faire des demandes ; dire « merci » ; et répondre à des questions. Ces compétences ont été enseignées de façon progressive en plusieurs étapes. Les résultats indiquent que l'un des garçons est en mesure de réaliser l'ensemble de ces compétences à la suite de l'enseignement reçu. C'est le cas également pour les deux autres garçons, mais ces derniers ont dû bénéficier d'étapes supplémentaires dans leur apprentissage. Ces résultats sont intéressants car ils mettent en avant l'effet bénéfique d'une intervention qui construit l'enseignement de compétences de façon progressive et non segmentée. Ceci va dans le sens de travaux précédents menés auprès de personnes présentant de difficultés de communication (Pattison & Robertson, 2016). Cependant, la forte variabilité intra-individuelle dans le nombre d'étapes nécessaire pour l'apprentissage de la compétence est à prendre en compte. D'autres applications ont fait l'objet d'études, c'est le cas notamment de Sidekicks !, développée spécifiquement pour des personnes porteuses de TSA. Son objectif est de fournir à l'enfant un outil lui permettant de créer des opportunités de communication à l'aide d'une plateforme très motivante, car basée sur les intérêts de l'enfant. Sur l'application, les partenaires de communication peuvent interagir à partir d'avatars qu'ils choisissent. Ils peuvent ensuite visionner les vidéo de leur échange. Birtwell et al. (2019) proposent une présentation de cette nouvelle application interactive, qui utilise les intérêts restreints d'une personne pour lui enseigner des compétences et améliorer sa communication, à l'aide d'une étude de cas. Sam est un garçon âgé de 4 ans et a un diagnostic de TSA. Il aime les trains et peut passer des heures à les ranger. Au début de son accompagnement, son aidant lui propose d'utiliser l'application Sidekicks ! et de visionner

ensemble des vidéo qu'il apprécie. Ils choisissent ensuite un avatar qu'il personnalise, un personnage de train. Cet avatar sert de support à l'échange et son aidant oriente les conversations à l'aide de cette interface, source de motivation pour Sam. Les vidéo regardées ensemble mettent aussi en avant des défis que rencontre Sam dans sa propre vie (par exemple : se faire des amis, ou encore avoir des intérêts différents). Des parallèles sont ainsi faits afin de permettre à Sam de développer des compétences dans une perspective sociale (Birtwell et al., 2019). Cette application semble particulièrement intéressante car, nous savons que la technologie est une source d'intérêt pour les personnes avec TSA (Kuo et al., 2014), et celle-ci utilise en plus, les intérêts restreints de l'individu pour lui enseigner des compétences, ce qui améliore sa motivation. Cependant, aucune étude contrôlée et randomisée n'a encore été réalisée sur l'application Sidekicks ! Il convient donc de prendre en compte ces quelques éléments avec beaucoup de précaution. L'ensemble de ces résultats énoncés ci-dessus sont à nuancer avec le fait qu'un nombre très réduit d'applications ont fait l'objet d'études, que les compétences qui ont été travaillées étaient généralement limitées au fait de faire une demande ou de nommer des stimuli et que ces études ont concerné un nombre restreint de participants, avec la présence de deux participants dans plusieurs de ces études (Stephenson & Limbrick, 2015). Il apparaît donc nécessaire de poursuivre les recherches avec d'autres applications, d'autres participants, dans des environnements plus naturels et concernant l'enseignement d'autres compétences en communication. L'étude des effets d'une intervention médiée par la technologie numérique (ici, majoritairement des applications génératrices de parole via une tablette tactile) en comparaison à une intervention utilisant des supports plus traditionnels (par exemple, un classeur PECS) est tout à fait intéressante. Il faut continuer les investigations dans ce sens, et tel est un des objectifs de notre étude 1.

3.1.3.2. Effets sur les compétences en autonomie

L'acquisition de compétences en autonomie est fondamentale dans l'accompagnement des personnes porteuses d'un TSA, en particulier pour celles qui souffrent également d'une déficience intellectuelle (DI). En effet, la difficulté à exécuter des tâches de la vie courante peut avoir un impact négatif sur l'estime de soi, la confiance en soi et la satisfaction à l'égard de la vie de ces personnes (Vermeulen, 2013). De plus, ce manque de compétences peut les rendre d'autant plus dépendantes aux soins fournis par leurs aidants

(Jordan, 2013). Dans l'accompagnement de ces personnes, il est donc essentiel de donner la priorité à l'acquisition de compétences en autonomie. Les technologies numériques, et plus récemment des tablettes et smartphones, sont devenus de plus en plus populaires pour l'amélioration des compétences de vie quotidienne des personnes atteintes de TSA et d'autres troubles du développement (Pérez-Fuster, 2017). En effet, ces appareils portables ont déjà été utilisés dans des études pour enseigner un grand nombre de compétences comme : faire des achats (Burckley et al., 2015), mettre la table (Spriggs et al., 2015), plier ses vêtements et nettoyer sa salle de bain (Aldi et al., 2016), nettoyer des éléments de la cuisine (Cullen et al., 2017), ou encore plier des serviettes et passer l'aspirateur (O'Handley & Allen, 2017). L'objectif de l'étude de Pérez-Fuster et al. (2019) est d'évaluer l'impact d'une intervention médiée par la technologie numérique en comparaison à une intervention utilisant le support habituel sur le développement de deux compétences de la vie quotidienne : laver la vaisselle, et faire la lessive. Cette étude a été réalisée auprès de 4 adultes atteints de TSA et de DI, âgés de 25 à 37 ans. L'intervention médiée par la technologie numérique consiste à leur enseigner les tâches à l'aide d'une tablette et d'un système d'éclairage composé de trois petites lumières LED qui aident l'utilisateur à identifier l'endroit dans l'environnement réel où il doit effectuer une tâche donnée. L'intervention utilisant le support habituel consiste à utiliser des photographies placées sur un tableau de planning. Pour les deux types d'intervention, les tâches à réaliser sont séquencées en différentes étapes permettant de les réaliser progressivement. Les participants 1 et 3 ont travaillé la compétence « faire la lessive » et les participants 2 et 4 « laver la vaisselle ». L'intervention a duré 8 semaines et comportait les phases suivantes : A) Intervention avec le support habituel ; B) Intervention médiée par la technologie numérique ; C) Intervention médiée par la technologie numérique et le système d'éclairage. Les résultats de cette étude indiquent que l'utilisation de tablettes tactiles est plus efficace que d'autres outils plus classiques pour améliorer les compétences de vie quotidienne de ce public. En dehors de la tâche à réaliser, les auteurs observent également chez les participants une diminution des comportements dit « hors tâches ». Ceci peut être dû au potentiel des technologies numériques pour faciliter la participation et la motivation des personnes aux activités à réaliser. Enfin, l'association d'une technologie numérique à une autre forme de technologie (la présence de lumières LED) est intéressante car elle peut

permettre aux personnes avec TSA de faire le lien entre la démonstration des tâches à réaliser via la tablette, et l'objet/l'endroit dans l'environnement réel des personnes. Cependant, ces résultats sont à considérer avec précaution car cette étude présente plusieurs limites : le nombre de participants ; le manque de rigueur dans le suivi des séances pour certaines des phases (absences des participants) ; ou encore le manque de données sur le maintien des compétences à la suite de l'intervention. Les résultats de la revue systématique de Kagohara et al. (2013) suggèrent aussi que les tablettes tactiles (type iPad) peuvent être utilisées avec succès dans des programmes éducatifs visant à cibler les compétences en autonomie. Des recherches sur le développement des compétences de loisirs ont notamment été réalisées (Hammond et al., 2010 ; Kagohara, 2011 ; Kagohara et al., 2011) en proposant à 9 enfants et adolescents de 12 à 20 ans ayant une déficience intellectuelle de regarder de façon autonome un film, d'écouter ou de jouer de la musique grâce à l'utilisation d'un iPod Nano et d'un iPod Touch. Les auteurs observent que la modélisation vidéo (c'est-à-dire la démonstration de la tâche à effectuer à partir de lecture vidéo et donc d'indices visuels et sonores) via l'utilisation de ces outils peut amener les participants à se livrer à des activités de loisirs de leur âge en totale autonomie. Il semble donc évident que les personnes en situation de handicap peuvent utiliser les outils numériques pour leurs activités de loisirs. De plus, aucune de ces études n'a donné de détails concernant l'apprentissage de l'utilisation de cet outil, ce qui suggère que cet apprentissage pourrait ne pas être un problème pour ces personnes. Il serait cependant intéressant de répliquer ces études avec des participants plus jeunes car ces dernières ont en effet été réalisées auprès de petits groupes d'adolescents et de jeunes adultes, mais aussi d'observer ces effets à partir d'un éventail plus important d'activités avec l'utilisation de différentes applications. Cihak et al. (2010) ont aussi cherché à évaluer l'utilisation de la tablette tactile pour favoriser l'autonomie et la réalisation de tâche. Ils ont étudié les moments de transition et de déplacements de 4 élèves avec TSA âgés de 6 à 8 ans. L'intervention consistait à utiliser la modélisation vidéo via un iPod pour aider les élèves dans les différents mouvements de la journée, par exemple aller du bus à la salle de classe et mais aussi à limiter l'apparition de comportement inapproprié. La vidéo était décomposée en six segments décrivant le comportement attendu et était présentée à l'élève à chacune des transitions de la journée (dix au total). Les résultats indiquent que cet outil a permis aux élèves avec TSA de

développer des compétences en termes d'autonomie en adoptant un comportement approprié au cours des différents moments de transition et de déplacement de la journée. Ayres et al. (2013) indiquent que, bien que la modélisation vidéo soit limitée car elle nécessite toujours l'intervention d'un humain pour fournir un soutien à la personne, les indices sonores et visuels (photos et vidéos) qu'elle propose s'avèrent être d'un soutien important pour la performance des individus à la réalisation de ces actes de la vie quotidienne. Enfin, Mercier et al. (2018) se sont intéressés à l'utilisation de l'application çaTED³ auprès de 52 enfants et adolescents âgés de 3 à 19 ans dans leurs structures d'accueil (7 au total) pour l'apprentissage du brossage des dents. L'application çaTED est intéressante car, à partir de la construction d'un agenda numérique mobile individualisé à son utilisateur et d'une fonction de décomposition d'une tâche ou activité, elle a pour objectif de permettre à la personne avec TSA de développer ses compétences en autonomie. Le protocole expérimental de cette étude est le suivant : le brossage des dents est réalisé si possible chaque jour, après l'heure du déjeuner, pendant une durée de 10 mois. Une évaluation de la compétence a été faite au début du programme, puis tous les deux mois pendant 8 mois à l'aide de grilles de cotations qui permettent d'attribuer un score reflétant l'autonomie dans la réalisation de la tâche. Les résultats mettent en évidence un gain d'autonomie chez les participants avec TSA pour le brossage des dents. En effet, les enfants réalisent plus d'étapes seuls sans l'aide de l'aidant et on observe également moins d'étapes non réalisées. Ces études sont intéressantes car elles montrent le potentiel des technologies numériques pour l'apprentissage des compétences en autonomie mais elles soulèvent tout de même plusieurs limites. La plupart d'entre elles ont été réalisées auprès d'adolescents et d'adultes, il semble donc nécessaire de continuer les recherches auprès d'enfants. Peu d'auteurs ont eu recours à un groupe contrôle permettant de comparer les effets d'une intervention médiée par la technologie par rapport à une intervention médiée par des supports plus traditionnels (images, photographies, ou encore objets). Enfin, le maintien des compétences à la suite de l'intervention et la généralisation des compétences n'ont pas été étudiés.

³ <http://www.cated-autisme.univ-nantes.fr>

3.1.3.3. Effets sur les compétences en socialisation

Les interventions basées sur les outils numériques se sont également développées pour améliorer les compétences sociales des personnes avec autisme. Un certain nombre d'études se sont d'ores et déjà intéressées au développement d'aptitudes sociales à l'aide de tables interactives et en ont montré les bénéfices (Piper et al., 2006). Hendrix et al. (2009) ont quant à eux incité des enfants relativement timides et retirés socialement à participer à une application de jeu sur une table interactive. A nouveau des résultats positifs sont observés car le jeu leur a permis de dialoguer de manière positive avec les autres joueurs. Gal et al. (2009) ont étudié pendant trois semaines, l'utilisation d'un logiciel (StoryTable) sur une surface interactive utilisant la collaboration dans un contexte de narration auprès de 6 enfants atteints de TSA âgés de 8 à 10 ans. Avant et après l'intervention, les auteurs ont mesuré les comportements d'interaction sociale à l'aide d'une échelle d'observation développée dans le cadre de l'étude. Ils observent qu'à la suite de l'intervention, les enfants manifestent une augmentation des réactions à leurs pairs, un affect plus positif, et une plus grande expression de leurs émotions. Ces écrans de table interactifs semblent donc être des outils prometteurs dans le développement d'aptitudes sociales d'enfants avec un TSA. Les tablettes tactiles, qui ont des avantages en termes de coût, de disponibilité et de mobilité, pourraient-elles alors permettre les mêmes bénéfices ? Hourcade, Bullock-Rest, & Hansen (2012) ont cherché à explorer le potentiel des tablettes interactives auprès de 26 enfants atteints de TSA âgés de 5 à 14 ans autour d'activités sociales ayant pour objectif de leur permettre de mieux collaborer, de faire preuve de créativité, de s'exprimer, de varier leurs intérêts et de comprendre leurs émotions. Ils ont pour cela eu recours à quatre applications avec des activités et compétences cibles diverses. L'application « Drawing » proposait des activités de dessin collaboratif et d'expression de soi pour travailler la collaboration, la narration et l'expression de soi ; l'application « Music authoring » permettait de créer des compositions musicales collaboratives et individuelles et les compétences suivantes ont été travaillées : créativité, motricité fine, tour de rôle, partage et collaboration ; l'application « Untangle » était consacrée à la résolution de puzzle visuel pour mettre en situation le fait de parler à voix-haute pour résoudre ensemble le casse-tête, la motricité fine et le tour de rôle ; enfin, l'application « Photogoo » était consacrée à la modélisation de l'émotion afin de travailler la

compréhension des émotions d'autrui, la motricité fine, la détection et la prédiction des émotions du visage d'autrui. Différentes activités sociales utilisant ces applications ont été proposées selon les groupes d'âges des enfants inclus dans l'étude (sessions pour des enfants d'école élémentaire de niveau inférieur ; sessions pour des enfants d'école élémentaire de niveau supérieur ; sessions pour des enfants présentant un syndrome d'Asperger). Les résultats sont encourageants car ils ont mis en évidence, à partir d'études de cas, l'efficacité de ces activités basées sur l'utilisation d'applications numériques pour le développement de comportements prosociaux, permettant aux enfants atteints de TSA de profiter d'activités sociales, et de développer des aptitudes sociales appropriées telles que la collaboration, la coordination ou la créativité (Hourcade et al., 2012b). D'autres chercheurs (Fletcher-Watson et al., 2016) se sont intéressés à l'efficacité d'une application sur iPad (FindMe) pour travailler des compétences sociales auprès de 54 enfants avec TSA âgés de moins de 6 ans. Pendant deux mois, à raison de 5 minutes par jour ou 10 minutes tous les deux jours, la moitié de ces participants (N=27) ont utilisé l'application, alors que l'autre moitié (N=27) formait le groupe contrôle et utilisait un outil traditionnel (soutien individuel dans les écoles ou les centres spécialisés). L'application était composée de deux parties. La première partie présentait aux enfants un personnage humain qu'ils devaient toucher. Elle était composée en plusieurs niveaux, car petit à petit, les enfants devaient faire abstraction de distracteurs. Alors que la deuxième partie impliquait des tâches d'attention conjointe : le personnage humain pointe et/ou regarde (en fonction des différents niveaux) vers un objet souhaité que les enfants doivent identifier. Des mesures de compétences en communication sociale à l'aide de l'Echelle d'Observation pour le Diagnostic de l'Autisme (ADOS-2, Lord et al., 2012) ont été réalisées dans chacun des groupes avant et après la période d'intervention. On observe une grande attraction des enfants avec TSA pour l'outil numérique ainsi qu'une perception favorable de la part des parents. Cependant, les résultats ne mettent en évidence aucune différence significative en communication sociale entre les deux groupes. Il semblerait que la tablette ne soit pas plus efficace pour promouvoir le développement des compétences sociales que l'outil traditionnel. Il est cependant intéressant de souligner le potentiel de ces outils du fait de l'attractivité et de la motivation qu'ils procurent aux enfants avec TSA (Porayska-Pomsta et al., 2012), ce qui pourrait à terme avoir un effet sur leur apprentissage

ultérieur à la longue. Enfin, une étude réalisée par Holt & Yuill (2017) s'est intéressée à l'utilisation de deux tablettes dans le cadre d'une activité collaborative auprès de 8 garçons (âgés de 5 à 12 ans) présentant un TSA et des troubles de l'apprentissage dans le but de développer leurs compétences en communication sociale. Le protocole expérimental est le suivant : les enfants ont réalisé une tâche de séquençage d'images avec un pair ou bien avec un adulte ; avec une tablette ou deux tablettes. La conscience de l'autre, l'engagement, l'imitation et la communication sont les compétences enseignées au cours de la séance. Les premiers résultats de cette étude montrent que l'utilisation de deux tablettes favorise la réalisation d'une activité conjointe et collaborative avec un pair, en comparaison à l'utilisation d'une tablette. Avec une seule tablette, les enfants ne parviennent pas à coordonner leur comportement pour travailler ensemble et la conscience de l'autre est absente. De plus, les résultats démontrent également l'intérêt de l'utilisation de deux tablettes avec le partenaire adulte. Ce dernier facilite d'autant plus l'interaction qu'il attire l'attention de l'enfant, ou encore lui pose des questions. L'utilisation des deux tablettes semblent donc bénéfique dans les deux situations d'interaction : avec le partenaire adulte, on observe plus de comportements verbaux et gestuels ; avec le pair, davantage de comportements d'imitation. Par conséquent, ces deux types de partenaire apportent des rôles complémentaires pour soutenir le développement des compétences en communication sociale (Holt & Yuill, 2017). Bien que ces résultats soient provisoires, notamment du fait d'un faible échantillon, ils nous permettent de constater qu'il ne suffit pas de placer l'enfant devant la solution technologique pour que celui-ci développe ses compétences. Avec une tablette, les enfants n'étaient pas actifs dans l'interaction sociale avec leur partenaire. Les éléments suivants ont certainement contribué à l'efficacité de l'intervention avec deux tablettes : chaque enfant dispose de sa propre tablette, ce qui le rend autonome dans l'utilisation de l'outil ; l'activité conjointe est identique d'une tablette à l'autre, ce qui permet aux enfants d'observer les actions de chacun.

3.1.3.4. Effets sur des domaines complémentaires

Ces outils numériques sont aussi largement utilisés dans le but d'accompagner les personnes avec TSA au niveau de leurs compétences académiques et scolaires et des chercheurs se sont intéressés aux effets de l'utilisation d'outils numériques (et notamment d'applications développées pour des personnes ayant des besoins spécifiques) sur ces

compétences académiques. Bien que notre étude ne vise pas à tester les effets des interventions sur les apprentissages académiques et scolaires des enfants avec TSA, les méthodologies de ces études peuvent nous intéresser. En effet, Kagohara et al. (2012) ont notamment utilisé un iPad auprès de deux enfants porteurs du syndrome d'Asperger et d'un trouble de l'hyperactivité avec déficit de l'attention (TDAH) pour leur diffuser une vidéo pédagogique illustrant la façon dont on peut se servir de la fonction de vérification orthographique d'un traitement de texte sur leur ordinateur. L'intervention consistait donc à enseigner à deux élèves âgés de 10 et 12 ans à utiliser cette fonction de vérification orthographique. Ces derniers étaient invités à écrire cinq mots, puis à vérifier leur orthographe à l'aide de l'application. Grâce à cette modélisation vidéo, les enfants ont montré une augmentation de l'utilisation de la fonction de vérification orthographique jusqu'à atteindre des performances correctes dans 100% des cas. De plus, cette performance est maintenue même lorsque la modélisation vidéo n'est plus présente. Cette étude suggère que cet outil peut être pertinent pour enseigner à des élèves à vérifier l'orthographe de mots. En ce qui concerne le développement des compétences académiques et scolaires d'enfants ayant un TSA, des applications spécifiques ont été développées, les applications numériques LearnEnjoy⁴. Ces dernières permettent d'enseigner un très grand nombre de compétences (lecture, écriture, nombres, calcul par exemple) et visent aussi à fournir des manuels d'enseignement structurés et progressifs (Bourgueil et al., 2015). Les applications « Mathpower », « Preschool » et « School » ont notamment été conçues pour accompagner chaque élève en fonction de son niveau de développement, de l'école maternelle à l'école élémentaire. Nézereau et al. (2018) ont cherché à étudier l'évolution des capacités de 40 personnes avec TSA (âgées de 3 à 36 ans) à la suite de l'utilisation des applications LearnEnjoy. Durant 1 an et 10 mois, tous les trimestres, les participants ont eu des séances de travail utilisant ces applications : le premier groupe a bénéficié d'une heure de travail par semaine, le second de 2 heures, et enfin le troisième de 3 heures de travail par semaine. Au total, les

⁴ <https://www.learnenjoy.com/> LearnEnjoy est une entreprise solidaire à but social (ESUS) dont la mission est de favoriser l'accès à l'éducation pour tous. Les applications LearnEnjoy sont conçues avec le soutien du Ministère de l'Éducation nationale et respectent les recommandations de bonne pratique professionnelle de la HAS et de l'ANESM pour l'accompagnement des personnes avec autisme.

auteurs ont analysé 8 temps de cotation (un tous les 3 mois) afin d'explorer l'évolution des capacités de régulation et de résistance aux changements des personnes incluses dans l'étude. La dysrégulation a été évaluée à l'aide de la Grille Régulation Adaptation Modulation (GRAM, Adrien et al., 2001) et la résistance aux changements à partir de l'échelle d'évaluation des comportements répétés et restreints dans l'autisme (EC2R, Bourreau et al., 2009). Nézereau et al. (2018) observent des gains significatifs dans les capacités de régulation et de résistance au changement pour l'ensemble des personnes avec TSA à la suite de l'utilisation des applications LearnEnjoy. Il faut tout de même préciser que cette évolution significative n'est observable qu'après 3 à 6 mois d'utilisation. Il n'est en effet pas surprenant d'observer des difficultés lors de l'introduction d'un nouvel outil chez des personnes qui présentent des difficultés pour s'ajuster aux variations de leur environnement et un manque de flexibilité cognitive (Bourreau et al., 2009). De plus, les résultats de l'étude mettent en avant un bénéfice plus important pour les participants ayant bénéficié de 3 heures d'intervention par semaine, mais ils soulignent aussi un bénéfice visible dès que les personnes profitent d'une heure de séance de travail sur les applications par semaine.

Enfin, ces outils numériques peuvent aussi avoir des effets bénéfiques non pas seulement pour la personne avec TSA, mais aussi pour les proches et aidants familiaux. En effet, Allen & Shane (2014) ont montré la présence de stress et d'une anxiété significativement supérieurs à la moyenne chez les aidants de personnes porteuses d'un handicap. Parmi ces parents, les parents d'enfants avec autisme seraient les plus stressés (Hayes & Watson, 2013). Ces derniers présenteraient des niveaux de stress parental moyen quatre fois supérieurs à ceux d'enfants au développement typique et avec un retard de développement (Silva & Schalock, 2012). L'étude d'Allen et al. (2016) a permis de mettre en évidence un effet bénéfique sur l'anxiété des parents à la suite de l'utilisation d'une application de communication augmentée et alternative. Clark et al. (2015) constatent également que les parents d'enfants avec TSA ainsi que les professionnels qui les accompagnent ont une attitude positive à l'égard de l'utilisation de l'iPad. Ces parents indiquent que 97% de leurs enfants utilisent cet outil pour une fréquence de 4,6 jours sur 5 en moyenne. De plus, environ 65% des professionnels y ont recours dans leur pratique. Cependant, Laurie et al. (2019) indiquent qu'il existe une relation significative entre l'inquiétude des parents et le temps réel passé par leur

enfant à utiliser la technologie : plus leur enfant passe de temps à utiliser la technologie, plus ses parents sont inquiets quant à cette utilisation. Renaud & Cherruault-Anouge (2018) soulignent ainsi la nécessité d'accompagner, de guider et de former les aidants familiaux pour garantir un usage personnalisé et efficace des applications numériques. En effet, ces auteurs indiquent que la forte augmentation du développement de ces applications numériques adaptées aux personnes présentant un handicap permet l'accès à de nouveaux outils de travail, mais que cela crée également un besoin qui est celui de la capacité à identifier, à recommander et à déployer ces outils. Afin de faciliter l'accompagnement des personnes avec TSA, il est donc nécessaire de soutenir aussi les aidants dans l'utilisation de ces outils, en les formant pour qu'ils potentialisent l'intégration du numérique dans le projet d'accompagnement de la personne (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018).

Finalement, l'ensemble de ces données nous permettent de constater le potentiel de cette technologie numérique, et tout particulièrement de l'outil tablette tactile et de ses applications, pour l'accompagnement des personnes avec TSA. Ces outils peuvent notamment être utilisés avec succès dans des programmes éducatifs visant des compétences dans des domaines divers : la communication, l'autonomie, la socialisation. Cependant, la littérature tend à montrer le potentiel de ces technologies plutôt qu'elle n'en démontre son efficacité (Koumpouros & Kafazis, 2019 ; Parsons & Cobb, 2011). En effet, nous avons constaté que les recherches à ce sujet n'en sont qu'à leur début et qu'elles disposent de plusieurs limites. La première limite est la petite taille d'échantillon de population de ces différentes études. Concernant les trois domaines d'intervention précités, seulement trois des études précédemment décrites ont été réalisées auprès de 26 (Hourcade et al., 2012), 52 (Mercier et al., 2018) et 54 personnes avec TSA (Fletcher-Watson et al., 2016) âgées de 4 à 36 ans. Sinon, l'effectif moyen est d'environ 9 participants, âgés de 3 à 37 ans. Des études supplémentaires auprès d'un nombre plus important de participants, reflétant le large éventail du spectre, à des âges reflétant les différentes étapes du développement, seraient intéressantes à mener. De plus, un nombre restreint d'applications numériques a été étudié, ne révélant pas la pluralité des solutions existantes. En effet, la plupart des études se sont centrées sur l'utilisation d'applications dites « classiques » disponibles pour tous sur le marché (applications avec générateur de parole, modélisation vidéo, ou encore des tables interactives). Seule une étude,

s'intéressant au développement des compétences en autonomie, a eu recours à une application spécifique conçue et développée pour des personnes ayant des besoins spécifiques (Mercier et al., 2018). C'est le cas également d'une autre étude (Nézereau et al., 2018), mais cela concerne le domaine des compétences académiques et scolaires. Il serait ainsi intéressant d'étudier et d'explorer la gamme d'applications disponibles sur le marché pour ce public spécifique dans les domaines de la communication, de l'autonomie et de la socialisation. De plus, un certain nombre d'études s'est intéressé aux apports des tablettes tactiles dans les programmes d'accompagnement des personnes avec TSA pour le développement des compétences en communication, mais c'est encore trop peu le cas en autonomie et en socialisation. Il est également difficile de tirer des conclusions générales à ce sujet car les méthodologies de chacune des études et notamment les méthodes d'évaluation sont très différentes les unes des autres. Les durées d'interventions sont variables d'une étude à l'autre, le choix du groupe contrôle varie aussi considérablement, certaines études ont recours à des pré- et post-test mais ce n'est pas le cas de toutes. Des études comparatives entre l'utilisation d'outils numériques type tablettes tactiles et d'outils traditionnels seraient nécessaires afin de pouvoir réellement se prononcer sur les preuves d'efficacité de chacune de ces interventions auprès du public avec TSA. Koumpouros & Kafazis (2019) proposent de résumer les principales limites des études portant sur l'usage des technologies mobiles à destination des utilisateurs avec TSA à travers la liste suivante : petit échantillon (effectif moyen de 9 participants) ; durée d'observation courte (principalement quelques semaines) ; résultats peu clairs et quantifiables ; résultats non généralisables ; faible précision des mesures ; besoin de formations des utilisateurs ; difficultés liées aux différentes technologies (coût, taille, durée de batterie, etc.) ; peu ou pas de groupes contrôles ; pas de solutions technologies personnalisables. Chacun de ces points représente ainsi des défis à relever dans le domaine de la recherche et nous nous sommes inspirés de ces constats pour élaborer notre protocole de recherche en tentant de minimiser ces limites, même si la réalité du terrain nous contraint trop souvent trop souvent. Nous y reviendrons.

3.2. Choix d'un outil numérique : conception, personnalisation et évaluation

Nous savons désormais que les outils numériques, et plus particulièrement les tablettes tactiles composées d'applications numériques, sont des outils intéressants pour l'accompagnement et le développement des compétences du public avec TSA, mais des preuves de l'efficacité de ces interventions sont encore à fournir. Outre la mesure de l'efficacité des supports numériques, le travail de conception de ces outils qui doivent être personnalisables pour s'adapter aux besoins de chacun (Aresti-Bartolome & Garcia-Zapirain, 2014), ainsi que l'évaluation de la qualité de ces outils, doivent être entrepris. C'est ce que nous allons aborder dans la présente partie.

3.2.1. Conception d'un outil numérique pour des utilisateurs avec TSA

Afin d'être adaptés et pertinents dans l'accompagnement des personnes avec TSA, ces applications sur tablettes numériques doivent être globalement « pensées avec et pour » les utilisateurs, c'est ce que l'on appelle la démarche de co-conception (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018). En d'autres termes, les utilisateurs (c'est-à-dire les bénéficiaires directs mais aussi les professionnels et les aidants familiaux) sont acteurs du processus de création et de validation au cours des étapes suivantes : faire remonter le besoin, définir le projet, mobiliser un comité de beta testeurs, développer, faire un test de courte durée et un test de longue durée, pour permettre d'envisager sérieusement la mise en production. L'utilisateur est ainsi au cœur du processus d'innovation. Afin de concevoir au mieux la technologie, les concepteurs doivent en savoir plus sur la compréhension et les besoins des utilisateurs pour répondre à leurs besoins (Guha et al., 2013 ; Melonio & Gennari, 2012). Des auteurs tels que Frauenberger et al. (2013) plaident pour les avantages de la conception participative, et pour que cette participation soit une expérience enrichissante pour les utilisateurs. Cependant, ils notent qu'il existe des défis concernant la participation de certains utilisateurs, notamment les enfants présentant un TSA. Dans le cadre de la participation d'enfants en situation de handicap, et en s'appuyant sur les propositions de Druin (2002) concernant le rôles des enfants dans les processus de conception, Frauenberger et al. (2012) décrivent trois catégories de participation : (1) les approches non participatives (les chercheurs sont informés par la

théorie, ou les expériences antérieures, mais sans implication directe des utilisateurs concernés) ; (2) la participation par procuration (les personnes qui connaissent intimement la population d'utilisateurs, comme les aidants, représentent les besoins des enfants) ; (3) la pleine participation (définie comme « toute forme de participation qui permet aux enfants handicapés d'avoir un impact direct sur le résultat » (Frauenberger et al., 2012, p.2)). Dans ce sens, les enfants (y compris les enfants ayant des besoins spécifiques (Malinverni et al., 2014)) sont de plus en plus impliqués dans les processus de conception, en tant qu'utilisateurs, testeurs, informateurs et partenaires de conception (Bonsignore et al., 2013 ; Fails et al., 2012). Cependant, cette méthodologie reste moins courante auprès des enfants avec TSA (Frauenberger et al., 2011). Les défis concernant la participation des enfants avec TSA au processus de conception des outils numériques résultent très certainement des difficultés rencontrées par les enfants avec TSA (Frauenberger et al., 2013). Par exemple, une activité de conception non structurante peut entraîner de l'anxiété chez les enfants avec TSA. Si la « pleine participation » des enfants avec TSA n'est pas possible, la participation par procuration peut être utilisée. Des auteurs tels que Fletcher-Watson et al. (2016) ont cherché à concevoir et développer une application pour des enfants atteints de TSA et de DI de moins de 6 ans en ayant recours à ces différentes formes de participation. Pour cela, ils ont conçu différentes phases. Tout d'abord, une phase de pré-design. Puis, la phase 1 divisée en deux sous-phases. La phase 1a consiste à recueillir des informations auprès d'adultes experts à partir d'entretiens structurés (N=6), de focus group et de questionnaires (N=9), mais aussi auprès d'enfants au développement typique âgés de 2 à 10 ans (N=13) à l'aide d'un court questionnaire. La phase 1b est une activité de design centrée sur l'utilisateur auprès de 20 enfants porteurs de TSA et d'une DI, âgés de 5 à 10 ans. Ensuite, la phase 2 est focalisée sur le développement de l'application. La phase 3 est une phase de test auprès de différents utilisateurs (12 enfants au développement typique de 15 à 42 mois ; 10 enfants avec TSA de 4 à 5 ans ; et 10 enfants avec TSA de 4 à 6 ans et leurs parents à la maison). Lors de cette dernière phase, les auteurs ont observé un niveau élevé d'intérêt pour l'application par les enfants avec TSA, et que cet intérêt se maintient dans le temps (Fletcher-Watson et al., 2016). Cette étude permet de rendre compte des différentes étapes de conception d'une application spécifique pour des utilisateurs avec TSA, dans le cadre d'une démarche de co-conception, et de la

combinaison des différentes formes de participation des utilisateurs pour un développement optimal. Un large groupe d'acteurs (parents, experts, professionnels et personnes avec TSA) est impliqué aux différentes phases de décision du processus de conception. L'étude de Mercier et al. (2018) est une autre illustration de cette volonté d'associer les utilisateurs avec TSA dans la conception et l'évaluation des outils numériques qui leur seront ensuite proposés d'utiliser. En effet, dans le cadre d'une approche participative, les chercheurs ont testé l'application çaTED pour et par les utilisateurs avec TSA afin de réaliser une mise à jour de l'application et proposer ainsi un outil qui correspond aux besoins particulier de ce public. Les acteurs impliqués étaient les suivants : 5 enfants élèves TSA de 6 à 11 ans ; l'équipe pédagogique composée de l'institutrice et de deux auxiliaires de vie scolaire ; et l'ingénieur (responsable du recueil d'informations). Une première phase d'immersion de deux mois a été réalisée (pendant une demi-journée par semaine, les élèves ont utilisé la fonctionnalité « emploi du temps » de l'application). La phase d'évaluation s'est ensuite déroulée de différentes manières. A partir d'échanges avec les enfants avec TSA lors d'activités cadrées, à partir d'échanges quotidiens entre l'équipe pédagogique et les élèves, enfin entre l'ingénieur et l'équipe pédagogique après chaque intervention mais également une fois par mois. Les résultats indiquent que chaque acteur a une place légitime dans la phase d'évaluation de l'outil (Guffroy et al., 2017). En effet, les enfants avec TSA se sont davantage positionnés sur l'esthétique et le placement des composants d'interface (comme la taille des composants, ou encore leur disposition), les professionnels accompagnateurs se sont intéressés à la charge de travail, l'homogénéité et la cohérence des interactions produites avec l'application, et l'ingénieur s'est concentré sur la qualité de l'ergonomie en termes de guidage et de gestion des erreurs (Mercier et al., 2018).

Les études de Fletcher-Watson et al. (2016) et Mercier et al. (2018) rendent compte de la volonté d'associer les utilisateurs avec TSA dans les processus de conception des outils numériques qu'ils seront amenés à utiliser. Fletcher-Watson et al. (2016) ont également identifié de grands principes qui donnent un cadre dans la conception et le développement des technologies pour ce public. Ces principes sont les suivants : (1) les fondements théoriques (faire un examen approfondi de la littérature existante et avoir recours à des experts afin d'identifier un objectif d'apprentissage approprié) ; (2) le travail interdisciplinaire

(collaboration entre universitaires et praticiens ayant une formation en éducation, en psychologie, en informatique et en art et design afin que le produit final s'appuie sur plusieurs expertises) ; (3) une conception éclairée (à partir de dessin, d'activités, d'entretiens ou encore de questionnaires pour évaluer l'apparence, les caractéristiques visuelles, sonores et autres du design et les préférences du groupe d'utilisateurs) ; (4) l'évaluation formative (tests et commentaires des utilisateurs sur les différentes versions de la technologie à partir d'utilisation prolongée et dans différents contextes) ; et (5) la personnalisation (le produit final doit impliquer plusieurs options pour les utilisateurs et leurs aidants afin que ce dernier soit le plus motivation et agréable possible pour ces bénéficiaires) (Fletcher-Watson et al., 2016). Ce dernier grand principe nous permet d'aborder un point essentiel des caractéristiques que doit posséder un outil numérique à destination d'utilisateurs porteurs d'un TSA : la personnalisation.

3.2.2. Importance de l'adaptation et de la personnalisation de l'outil numérique

Renaud & Cherruault-Anouge (2018) précisent que les applications doivent être personnalisables pour s'adapter aux besoins de chacun. En effet, la personnalisation de l'interface des applications à chaque profil sensoriel et cognitif apparaît comme une réelle nécessité, car cette personnalisation des applications représente une part cruciale dans les mécanismes d'apprentissage et d'usage au quotidien (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018). D'après les auteures, comme n'importe quel individu, une personne avec TSA a des besoins, des difficultés, ou encore des spécificités et des centres d'intérêts qui lui sont propres et il est aujourd'hui reconnu que, le fait d'adapter les outils et méthodes d'apprentissage aux besoins et spécificités d'une personne, augmente ses capacités de progression. Deux types d'apprentissage peuvent être distingués : l'apprentissage individualisé qui fait référence à des contenus adaptés aux objectifs et aux besoins de la personne ; et l'apprentissage personnalisé qui implique que l'apprenant prenne part au choix des ressources utilisées, en fonction de ses centres d'intérêts par exemple (Verpoorten et al., 2009). Ces deux types d'adaptations sont pertinents concernant l'apprentissage des enfants atteints de TSA, et l'outil numérique est une véritable opportunité pour les faciliter (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018). L'adaptation de l'outil numérique est indispensable mais elle doit se baser sur les aptitudes, le niveau et la

progression de la personne, sur ses sensibilités (interfaces son, voix, modèle de renforçateur et couleur doivent être personnalisables), et sur son environnement direct au travers des contenus (sons et sonorités, images, vidéo...) (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018) étant donné l'hétérogénéité des profils des personnes avec TSA (Folstein & Rosen-Sheidley, 2001), cette personnalisation ne doit pas se limiter à un groupe ou à un niveau mais doit bien être effectuée pour chaque bénéficiaire. La technologie numérique offre un avantage unique et une possibilité de personnalisation que le papier traditionnel ne peut fournir. Prenons pour exemple la personnalisation du contenu d'une application de communication en comparaison au « Picture Exchange Communication System » ou PECS, dispositif de communication par échange d'images (Bondy & Frost, 1994). Les applications de communication comme le PECS utilisent des systèmes basés sur des images. La création d'un tel outil oblige ainsi les individus (aidants familiaux et professionnels) à imprimer des images, photos, dessins, les plastifier, créer un répertoire, etc., pas toujours semblables aux référents du monde réel et donc parfois difficiles pour l'apprentissage. En outre, le système de communication par images devient vite volumineux et encombrant, ou peu manipulable à l'usage dès lors que le lexique augmente pour l'utilisateur. Or, les fonctionnalités des tablettes, avec caméras intégrées, peuvent être exploitées par ces applications de communication, et les objets réels peuvent ainsi être instantanément photographiés et inclus dans le répertoire d'images du bénéficiaire dans une application de communication, afin que ces objets puissent être facilement consultés (Allen et al., 2016). Au-delà de l'aspect « fonctionnel » des spécificités de l'outil numérique pour permettre l'adaptation et la personnalisation de l'outil aux besoins de son bénéficiaire, une étude naturaliste (Kucirkova et al., 2014) portant sur l'utilisation de différentes applications éducatives auprès d'enfants au développement typique, a montré que la personnalisation par des photographies, des audio et des commentaires de texte pour la création d'un récit avait favorisé un plus grand engagement des enfants dans la tâche (Critten & Kucirkova, 2015 ; Kucirkova et al., 2014). En outre, ils ont constaté des avantages en termes de motivation dans l'utilisation d'une application de création d'histoire (« Notre histoire ») auprès d'enfants ayant des difficultés de langage et de communication. Il semble ainsi que la personnalisation pourrait être utilement exploitée pour faciliter l'engagement des enfants dans les tâches qui leur sont proposés.

La société Auticiel⁵ ® tente de répondre à ces objectifs à travers le développement des applications numériques (AMIKEO) d'aide à l'apprentissage, à l'autonomie et à la communication pour des personnes avec handicap cognitif et/ou mental. En effet, différentes applications sont disponibles dans ce « pack tablette et AMIKEO » (Figure 6) dont notamment l'application Voice afin de développer la communication ; Séquence et Agenda permettant de développer les compétences en autonomie ; Social Handy afin de travailler les interactions avec autrui ; ou encore LogiralTM (exposée précédemment) permettant de ralentir différentes vidéos. A travers ses applications, cette société vise à proposer des solutions numériques adaptables et personnalisables aux besoins de chaque bénéficiaire. Nous les présenterons plus en détails au point 2 – Procédure et design expérimental du Chapitre 3 – Etude 1, puisque notre étude repose sur l'utilisation des applications AMIKEO (p.125).



AUTICIEL

AMIKEO

Figure 6. Solutions numériques de la Société Auticiel ®

A l'instar des applications AMIKEO, et comme nous avons pu le voir dans notre revue de la littérature (cf. 3.1.3. de ce Chapitre 1), il existe certaines applications telles que les

⁵ <https://auticiel.com/>

applications LearnEnjoy (Nézereau et al., 2018) pour les apprentissages scolaires, l'application Sidekicks ! (Birtwell et al., 2019) pour la communication sociale, ou l'application çaTED (Mercier et al., 2018) pour l'autonomie, qui tentent de proposer une solution numérique personnalisable et adaptée aux besoins des utilisateurs avec TSA. Ces applications sur tablettes tactiles sont des outils intéressants à utiliser dans le cadre de l'accompagnement des personnes avec TSA du fait de leurs possibilités d'adaptation et de personnalisation aux besoins, capacités, spécificités de la personne amenée à utiliser ces applications numériques. Afin de répondre à ces objectifs de personnalisation, les applications doivent prendre en compte un certain nombre de « critères » (modifications de l'interface, du son, du renforçateur, des couleurs ou encore du contenu média, pour ne citer que quelques exemples) dès la conception de l'outil numérique en question. Alors, comment s'assurer que ces applications disposent bien de ces critères ? Comment les évaluer ? C'est ce que nous allons voir maintenant.

3.2.3. Critères d'évaluation de la qualité de l'outil numérique

En tant qu'utilisateur, comment puis-je m'assurer que les critères pertinents ont bien été pris en compte dans la conception de l'outil ? Comment puis-je m'assurer que l'outil numérique que je souhaite utiliser présente bien les différents critères attendus pour me permettre une personnalisation optimale ? Ce sont ces questions des usagers qui doivent guider les développeurs.

Nous l'avons vu précédemment, la littérature sur le développement, l'utilisation et l'évaluation des ressources numériques auprès des personnes avec TSA est de plus en plus conséquente (Aresti-Bartolome & Garcia-Zapirain, 2014 ; Fletcher-Watson, 2014 ; Grynszpan et al., 2014 ; Ploog et al., 2013). Néanmoins, malgré cette littérature qui met essentiellement en avant la diversité des solutions selon le type de technologie adoptée (web, mobile, réalité virtuelle, etc.), l'objectif d'utilisabilité (communication, reconnaissance des émotions, socialisation, etc.) et le contexte d'intervention, il est souvent difficile de saisir l'effet des décisions concernant la conception des outils numériques sur leur utilisabilité et leur accessibilité. Nous venons de le voir précédemment, afin de cibler la conception d'un outil numérique permettant une personnalisation aux besoins des personnes avec TSA, les

décisions de conception devront prendre en compte les particularités sensorielles, le niveau de développement et les compétences des utilisateurs. Par exemple :

- l'interface (qui comprend la mise en page, la navigation, l'interaction, le langage visuel et textuel, le contenu et les médias) doit être minimaliste afin d'éviter des éléments non essentiels pour favoriser la concentration des utilisateurs dans l'exécution d'une tâche ;
- le langage (textuel et visuel) adopté dans l'outil doit être familier aux utilisateurs pour faciliter la compréhension des contenus ;
- les tâches disponibles devront être découpées en sous-tâches compatibles à la capacité d'exécution des utilisateurs, etc.

Ces quelques exemples montrent la diversité des critères et paramètres que doit prendre en compte l'outil numérique pour permettre une bonne personnalisation. La question se pose alors des méthodes ou des évaluations permettant d'obtenir des données précises sur ces critères à considérer. Ainsi, les Sciences Informatiques avec la méthode d'inspection pour évaluer les Interfaces Homme-Machine (IHM), appelée « évaluation heuristique », permet à un petit groupe d'évaluateurs d'examiner l'interface et de juger de sa compliance avec des principes d'utilisabilité connus, appelés les « heuristiques d'utilisabilité ». Les heuristiques d'utilisabilité les plus connues sont les 10 heuristiques de Jakob Nielsen au niveau international et les critères ergonomiques de Bastien & Scapin (1993) au niveau national (ou francophone). Ces heuristiques d'utilisabilité peuvent ainsi représenter des « recommandations » ou « critères » attendus pour l'interface d'un outil numérique.

Afin de connaître quelles sont les heuristiques d'utilisabilité proposées pour les utilisateurs avec TSA, nous avons réalisé une revue systématique de la littérature (Aguiar, Galy, Godde, Trémaud & Tardif, soumis). Cette recension s'est centrée sur une période de dix ans (2008-2018) et a été effectuée à partir des bases de données du domaine de l'informatique : ACM Digital Library, IEEE Xplore Digital Library, DBLP Computer Science bibliography, Science Direct, et EICompindex. La recherche automatique dans les bases de données a considéré comme mots-clés [Autism OU Autistic OU ASD] qui a été appliqué sur le titre des publications ; [Heuristic OU Guidelines OU Recommendation OU Best Practices OU Key principles OU Usability OU Accessibility] qui a été appliqué sur le résumé. Ainsi, 391 articles ont été étudiés.

Ensuite, après vérification des critères d'exclusion (articles en double ; étude secondaire type rapport ; papier court ; non disponible gratuitement sur un réseau universitaire scientifique ; recommandations pour le diagnostic ou l'accompagnement des personnes TSA ; recommandations pour le développement de robots, réalité, virtuelle ou augmentée) et d'inclusion (décrire des recommandations spécifiques pour développer des logiciels adaptés aux utilisateurs avec TSA) nous avons retenu les 15 articles les plus pertinents. Dans le corpus de ces 15 articles, nous avons identifié un ensemble de 155 heuristiques d'utilisabilité proposées pour les utilisateurs avec TSA. Ces dernières ont été analysées afin d'identifier si des éléments similaires sont proposés par plus d'un article ; s'il y a des éléments complémentaires entre les articles ; si des éléments complexes peuvent être décomposés en éléments élémentaires ; et si les recommandations sont spécifiques à certains domaines ou contexte d'utilisation. De plus, ces articles n'adoptant pas la terminologie habituellement employée par les professionnels des domaines de l'IHM et de l'ergonomie, nous avons cherché à étudier ces recommandations au regard des critères ergonomiques d'évaluation des interfaces homme-machine préconisés par Bastien et Scapin (1993). Ces derniers ont identifié 8 groupes de principes, à savoir :

- *l'adaptabilité d'un système* (fait référence à sa capacité à se comporter contextuellement et selon les besoins et les préférences des utilisateurs)
- *le guide de l'utilisateur* (moyens disponibles pour conseiller, diriger, informer, instruire, et guider les utilisateurs)
- *le critère de charge de travail* (toutes les fonctionnalités de l'interface qui jouent un rôle dans la réduction de la charge perceptuelle ou cognitive des utilisateurs)
- *le critère de compatibilité* (correspondance entre les caractéristiques des utilisateurs et les caractéristiques des tâches pour une application donnée)
- *le contrôle explicite* (concerne le traitement par le système des actions des utilisateurs et le contrôle que les utilisateurs ont sur la façon dont le système traite leurs actions)
- *la signification des codes* (relation entre un terme et/ou un signe et son référent)
- *le critère de gestion des erreurs* (moyens disponibles pour prévenir ou réduire les erreurs)

- *le critère de cohérence* (degré auquel les choix de conception de l'interface sont maintenus dans des contextes similaires et différents lorsqu'ils sont appliqués à des circonstances différentes).

De plus, pour classer ces recommandations, nous avons également pris en compte 3 autres groupes de critères : les principes généraux d'utilisation, les exigences non fonctionnelles, et les exigences fonctionnelles. L'analyse comparative des heuristiques a permis l'identification de redondances, et 69 heuristiques ont ainsi été retenues. Ces 69 heuristiques représentent donc des recommandations spécifiques pour développer des solutions logicielles adaptées aux utilisateurs avec (Aguiar et al., soumis). D'après les critères ergonomiques cités ci-dessus, elles peuvent être classées de la manière suivante : 3 principes généraux d'utilisation, 7 exigences non fonctionnelles, 4 exigences fonctionnelles, 18 critères d'adaptabilité, 12 concernant le guide de l'utilisateur, 6 critères liés à la charge de travail, 5 à propos de la compatibilité, 5 concernant le contrôle explicite, 4 sur la signification des codes, 3 critères concernant la gestion des erreurs, et 2 à propos de la cohérence. Les recommandations liées à l'adaptabilité et au guide de l'utilisateur sont les plus nombreuses. Ceci est cohérent et en lien avec la nécessité de personnaliser et d'adapter les solutions numériques aux particularités des utilisateurs avec TSA. Nous avons ensuite regroupé l'ensemble de ces critères identifiés dans ce que nous avons appelé (Aguiar et al., soumis). Ces 69 heuristiques peuvent ainsi représenter des critères attendus au sein de l'interface d'un outil numérique destiné au public avec TSA. Afin que le listing de ces recommandations soit utile au plus grand nombre et notamment aux personnes non-expertes de ce domaine (parents, praticiens, et utilisateurs avec TSA), nous avons cherché à faciliter la compréhension de ces recommandations en adoptant un langage simple, et en évitant les termes trop techniques. La démarche de construction de cet AutismGuide, ainsi que son utilisation, seront détaillées au point 2 – Procédure et design expérimental du Chapitre 3 – Etude 1.

Face à la diversité des outils numériques déjà disponibles, choisir une application numérique adaptée aux besoins de la personne avec TSA est un défi vécu par les professionnels et les aidants familiaux. Il est aussi extrêmement difficile de supposer que toutes les applications sont égales (Allen et al., 2016). Pourtant, les différentes fonctionnalités

spécifiques de l'outil numérique peuvent influencer sur la qualité de l'engagement (Kucirkova et al., 2014) et donc sur la motivation et l'apprentissage. L'une des raisons de l'absence d'avantages évidents pour les interventions fournies par des applications par rapport aux méthodes plus traditionnelles peut être liée à un échec en termes de prise en compte et d'exploitation des fonctionnalités spécifiques des applications pouvant bénéficier à l'apprentissage (Allen et al., 2016). A l'heure actuelle, il ne semble pas exister d'étude sur les différentes fonctionnalités ou niveaux de personnalisation et sur les effets que cette personnalisation peut avoir sur le développement des compétences des personnes avec TSA. En réponse à cette difficulté, l'adoption de méthodes d'évaluation basées sur des guides de recommandations (critères d'évaluation) (Nielsen, 1994), telles que le proposent les sciences informatiques, peut aider les professionnels et les aidants familiaux à prendre une décision quant au choix de l'outil numérique le plus adapté aux besoins de la personne avec TSA. De plus, le travail de revue systématique de littérature cité précédemment, et portant sur l'identification d'heuristiques d'utilisabilité spécifiques aux outils numériques à destination du public avec TSA, nous a permis d'identifier 69 recommandations. Ces 69 recommandations pourraient tout à fait représenter des critères d'évaluation précis de la qualité d'un outil numérique à destination des utilisateurs avec TSA.

Ces éléments de la littérature nous permettent de mesurer l'intérêt de personnaliser ces outils aux besoins des utilisateurs avec TSA et c'est aussi ce que suggère le modèle des Désordres du Traitement Temporo-Spatial (Gepner, 2014) en partant du fait que les difficultés des personnes avec TSA pour percevoir et intégrer les informations sensorielles sont multiples, peuvent varier d'un individu à l'autre, et que ralentir les informations doit pouvoir être ajusté et modulable en fonction des différences de chacun à traiter l'information dynamique en temps réel. C'est ce que tente de faire l'outil numérique Logiral™ (Tardif & Gepner, 2014).

3.3. Présentation d'un LOGiciel de RALentissement : Logiral™

Nous l'avons vu précédemment, le modèle des Désordres du Traitement Temporo-Spatial (Gepner, 2014) a mis en évidence des spécificités de perception et d'intégration des événements sensoriels rapides en temps réel des flux multisensoriels dans le TSA qui

entraînent en cascade de nombreuses difficultés notamment d'ordre social et interactionnel. En parallèle, et depuis les années 2000 environ, de nouveaux outils numériques sont disponibles pour les personnes avec TSA et leurs accompagnants, et la littérature à ce sujet semble considérer ces « *technology-based treatment* » comme un secteur en émergence au service des personnes avec TSA. Afin de s'adapter au mieux aux besoins des personnes avec TSA, et favoriser leurs apprentissages, il semble important que ces outils numériques disposent de certaines caractéristiques, comme la personnalisation (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018). En proposant de ralentir les informations visuelles et auditives de séquences filmées, et notamment de pouvoir choisir la vitesse de présentation qui correspond aux besoins de l'utilisateur avec TSA, l'application numérique Logiral™ (LOGiciel de RALentissement, Tardif & Gepner, 2014) semble être tout à fait pertinente pour le public avec TSA. Elle a pour but de permettre à chaque personne avec TSA de bénéficier de plus de temps pour traiter les informations efficacement. Gepner & Tardif (2009) précise qu'« *un nouvel espoir émerge : aider les enfants en ralentissant 'leur monde'* ». Logiral™ est un logiciel accessible en ligne gratuitement qui permet de ralentir des séquences filmées, par palier de 5%, de façon synchrone, sans déformation du son et de l'image aussi bien sur un ordinateur (Figure 7) que sur une tablette tactile (Figure 8).

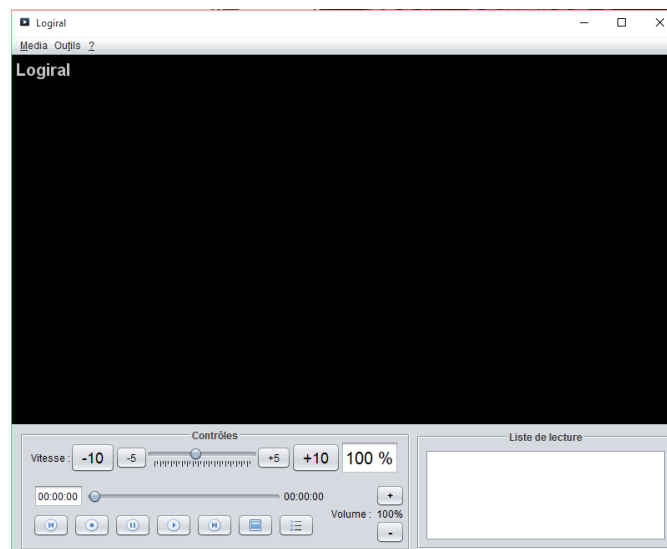


Figure 7. Interface Logiral PC (Tardif & Gepner, 2012)



Figure 8. Interface Logiral Tablette (Tardif & Gepner, 2014)

La conception du logiciel Logiral™ adapté à des ordinateurs (Tardif et Gepner, 2012) et des tablettes tactiles (Tardif et Gepner, 2014) s'inscrit complètement dans le cadre actuel du développement et de la promotion de l'utilisation de ces outils, comme nous avons pu le voir précédemment. En effet, il semble que cet outil, et notamment sa version tablette tactile, soit parfaitement adapté aux personnes avec TSA d'après deux points fondamentaux : (1) ce logiciel est conçu pour être utilisé via un outil numérique, outil qui d'après la littérature énoncée précédemment révèle un véritable potentiel dans l'accompagnement des personnes avec TSA ; (2) ce logiciel est également conçu d'après les particularités du traitement sensoriel des personnes avec TSA et a pour but de les aider dans le traitement des informations, notamment visuelles et auditives, en temps réel.

3.3.1. Bénéfices du ralentissement des stimuli

Un ensemble de recherches a été mené afin d'étudier les effets du ralentissement des informations multisensorielles sur le traitement déficitaire des informations dynamiques des personnes avec TSA.

Une première série de travaux a été réalisée sur plusieurs comportements d'enfants avec TSA. Une première étude auprès d'enfants avec TSA âgés en moyenne de 5 ans et 9 mois et d'enfants contrôles appariés sur l'âge de développement et le sexe a été conduite (Gepner et al., 2001). Une présentation lente de stimuli visuels dynamiques leur a été proposée suivie

d'une tâche de reconnaissance des mimiques émotionnelles et non émotionnelles. Différentes conditions de stimuli ont été présentées aux enfants : mimiques émotionnelles et non émotionnelles statiques, dynamiques lentes, et saccadées. Les résultats mettent en évidence des performances équivalentes entre les deux groupes pour chacune des conditions mettant en avant les bénéfices liés à la présentation ralentie des différents stimuli. De plus, l'absence de différence entre les deux groupes d'enfants sous-tend l'hypothèse d'un traitement retardé plutôt que déficitaire pour les enfants avec TSA. Afin d'aller plus loin, d'autres études ont été menées afin de poursuivre les investigations sur les bénéfices de la présentation ralentie dans des tâches de reconnaissances des expressions faciales émotionnelles et non-émotionnelles. Les auteurs (Lainé et al., 2008 ; Tardif et al., 2007) ont ajouté une condition supplémentaire : différentes vitesses de présentation (une vitesse dite normale ; une vitesse dite lente, c'est-à-dire la vitesse normale ralentie par deux ; et une vitesse très lente, c'est-à-dire la vitesse normale ralentie par quatre). Cette fois-ci, la tâche était présentée à des enfants avec TSA âgés entre 7 et 14 ans comparés à des enfants au développement typique appariés sur l'âge mental verbal compris entre 3 et 11 ans. Les auteurs n'observent aucune différence dans les différentes conditions pour les enfants au développement typique, mais constatent une amélioration des performances chez les enfants avec TSA lors de la présentation ralentie, voire même lors de la présentation très ralentie pour les enfants présentant un trouble sévère. Il semblerait que ces enfants bénéficient davantage de la présentation ralentie par rapport aux enfants ayant un TSA plus léger. D'autres études ont ensuite été menées concernant l'imitation vocale (Lainé et al., 2008) et l'imitation de mouvements biologiques corporels et faciaux (Lainé et al., 2011). En effet, des séquences filmées de mouvements ont été présentées sur un écran d'ordinateur à des enfants avec TSA divisés en trois sous-groupes (léger, modéré, sévère) afin qu'ils puissent ensuite les reproduire. Ces enfants ont été comparés à des enfants contrôles au développement typique appariés sur l'âge mental verbal, des enfants porteurs de trisomie 21 appariés sur l'âge mental non verbal. A nouveau, une condition « vitesse » a été envisagée : une vitesse normale « temps-réel » ; une vitesse lente, ralentie par deux ; et une vitesse très lente, ralentie par deux et demi. Les résultats mettent une nouvelle fois en évidence les bénéfices de la présentation ralentie : on observe une amélioration des capacités d'imitation chez les enfants

avec TSA, résultat qui n'est pas observé dans les deux autres groupes. Ces résultats suggèrent que la présentation ralentie serait davantage bénéfique pour les enfants ayant un TSA sévère.

Une autre étude s'est intéressée au bénéfice de la présentation ralentie sur le traitement des informations auditives verbales (Tardif, Thomas, Rey, & Gepner, 2002). A partir d'une tâche de catégorisation de phonèmes simples (« MA » et « NA ») et ambigus (« MNA »), les chercheurs ont étudié les effets de la présentation ralentie de ces phonèmes sur le traitement du flux verbal. Les différents phonèmes sont présentés à des enfants avec TSA et à des enfants au développement typique de même âge réel, à différentes vitesses : normale ou lente. En vitesse normale, les phonèmes simples sont catégorisés correctement et de façon similaire pour l'ensemble des enfants et on observe un défaut de catégorisation des phonèmes ambigus uniquement chez les enfants avec TSA. La complexité et l'ambiguïté de ces phonèmes altèrent le traitement des sons des enfants avec TSA. En vitesse lente, les enfants avec TSA obtiennent les mêmes performances que les enfants au développement typique et traitent correctement les phonèmes ambigus ainsi ralentis. Ceci indique que le ralenti favoriserait une meilleure perception des informations auditives (sons de la parole) et, en conséquence, un meilleur traitement de ces phonèmes ambigus.

Godde (2017) a étudié les effets d'une présentation visuelle du tracé de différents stimuli (lettres, pseudo-lettres, mots) dans différentes conditions (statique, dynamique temps-réel, dynamique ralentie, dynamique très ralentie) sur la dynamique du tracé d'enfants et d'adultes avec TSA en comparaison à des enfants et adultes au développement typique. Les résultats sont en faveur d'un bénéfice de la présentation ralentie des stimuli qui améliore la taille de l'écriture dans le sens d'une diminution de la macrographie (grande taille des tracés) chez les adultes avec TSA. Cependant, chez les enfants et les adultes, le ralenti entraîne une écriture moins fluide qu'en vitesse temps-réel comme s'ils cherchaient à s'appliquer davantage car ils prennent alors le temps de mieux reproduire les lettres.

Afin d'aller plus loin, une autre série de travaux a ensuite été menée à partir de suivis longitudinaux. Une première étude longitudinale a ainsi été menée auprès de 19 enfants avec TSA en comparaison à des enfants au développement typique âgés de 3 à 8 ans appariés sur l'âge réel (Charrier, 2014). Une utilisation régulière et prolongée de séquences filmées

ralenties (1 séance par semaine) a été mise en place sur plusieurs mois auprès de la moitié des enfants avec TSA, pendant que l'autre moitié de l'échantillon avait leurs séances d'orthophonie classique, sans le ralenti. Des évaluations fonctionnelles et développementales ont été réalisées afin de mesurer les effets de la présentation ralentie. Les résultats de ces évaluations sont en faveur du bénéfice de l'utilisation régulière et prolongée du ralentissement auprès du public avec TSA puisqu'ils indiquent que le ralenti améliore les capacités imitatives, le maintien de l'attention, et permet une diminution des comportements inadaptés. D'autres études, telles que l'étude translationnelle de Meiss, Tardif, Arciszewski, Dauvier, & Gepner (2015) confirme ces résultats. Cette dernière a été réalisée auprès de quatre enfants avec TSA non verbaux présentant un autisme sévère auxquels on a proposé une rééducation avec l'utilisation du ralentissement lors de leurs suivis hebdomadaires en hôpital de jour. Les résultats mettent en avant une amélioration de l'attention, de la communication sociale, et une diminution des comportements inadaptés pour les 4 enfants mais pas de progrès significatifs sur la communication. Enfin, une autre étude longitudinale a permis de mettre en évidence auprès de 2 enfants avec TSA suivis chaque semaine pendant 4 mois, les bénéfices d'une utilisation du ralentissement (Tardif et al., 2017) observés à travers l'amélioration de la compréhension de consignes, de meilleures réponses données (verbales et non verbales), mais aussi une augmentation des capacités attentionnelles, de la communication verbale et non verbale.

Ces recherches permettent désormais de mettre en avant de façon robuste l'impact du ralenti pour aider les enfants avec TSA à développer leurs compétences dans divers domaines (reconnaissance des émotions, imitation, compréhension verbale, écriture, attention ou communication sociale) mais aussi à diminuer leurs comportements inadaptés. Néanmoins, comme la plupart des travaux sur cette population, les recherches menées souffrent de certaines limites et notamment ici la faible taille des échantillons qui ne permet pas de généraliser les résultats. C'est pourquoi, il nous a paru intéressant de mener une nouvelle étude sur les effets du ralenti auprès d'un échantillon plus important d'enfants avec TSA, de poursuivre l'analyse des effets du ralentissement sur différentes compétences classiquement limitées dans l'autisme, et d'observer les effets de l'utilisation du ralenti intégré dans le cadre habituel d'accompagnement des enfants avec TSA. De plus, du fait des

spécificités de perception des événements sensoriels rapides dans le TSA, notamment au niveau visuel (Gepner, 2014), le recours à des mesures d'exploration visuelle à l'aide de l'eye-tracking, couplées à l'étude de leurs modifications comportementales sous l'effet du ralenti semble très pertinent. En effet, l'utilisation de l'oculométrie dans les travaux menés auprès des personnes avec TSA a connu un essor justifié par les problèmes de repérage d'indices pertinents dans des scènes visuelles chez les personnes avec TSA. C'est ce que nous allons exposer.

3.3.2. Etude du traitement visuel dans le TSA à l'aide de l'oculométrie

Depuis les années 2000, des études se sont intéressées au contact oculaire à partir de la technique d'eye-tracking afin d'apporter un éclairage supplémentaire sur le traitement visuel atypique dans le TSA, et notamment le manque d'attention aux informations sociales (Chevallier et al., 2015 ; Jones & Klin, 2013).

La technique d'oculométrie se base sur l'enregistrement des mouvements oculaires à partir de l'utilisation du reflet cornéen des faisceaux de lumière infrarouge projetés sur la rétine du sujet (Holmqvist et al., 2011). Le dispositif d'oculomètre est placé entre le participant et la scène d'intérêt et peut se présenter sous forme de lunettes portées par le participant, ou bien sous forme de barrette installée entre le participant et la cible visuelle. Une lumière infrarouge est envoyée vers l'œil, créant un reflet cornéen qui sera détecté par une ou plusieurs caméras infra-rouges. La position du reflet cornéen par rapport à la pupille permet d'estimer la position précise du regard du participant sur une scène visuelle observée (Cilia et al., 2018). Différentes mesures peuvent être utilisées : le nombre et la durée des fixations (focalisation du regard sur un point d'intérêt), les saccades oculaires (mouvements rapides permettant de passer d'un point d'intérêt à un autre) ou encore la dilatation de la pupille (celle-ci varie en fonction de la luminosité mais aussi en fonction de la tâche réalisée). La technique oculométrique permettant d'enregistrer en temps réel les mouvements oculaires d'un individu est très intéressante car elle permet de mieux comprendre les mécanismes de prise d'informations (Rebillard et al., 2017). Son caractère non invasif et ne nécessitant pas de consigne ou de réponse verbale en fait un outil d'autant plus intéressant, car il peut ainsi être utilisé auprès d'enfants non verbaux ou en difficulté sur le plan cognitif (Cilia et al., 2018). Depuis les années 2000, son utilisation

s'est intensifiée et l'oculométrie représente aujourd'hui un outil privilégié pour mieux comprendre l'impact des atypies perceptives des personnes avec TSA (Rebillard et al., 2017). L'étude princeps en eye-tracking et TSA concerne la perception d'un visage (Pelphrey et al., 2002) mesurée auprès de cinq personnes avec un TSA âgées en moyenne de 25,2 ans et cinq personnes au développement typique âgées en moyenne de 28,2 ans. Cette étude a permis de mettre en évidence, dans le groupe avec TSA, des difficultés de repérage des émotions (principalement la peur), mais surtout des différences dans les stratégies d'exploration visuelle. En effet, alors qu'un sujet témoin explore un visage de manière systématique en alternant son regard sur les yeux et la bouche (exploration dite « en triangle »), une personne avec TSA l'explore de façon aléatoire, avec un temps inférieur passé sur la région des yeux. A l'aide de la méthode des aires d'intérêts (AOI pour Area Of Interest) qui permet de prédéfinir sur un visage différentes parties (par exemple les yeux, le nez, et la bouche), plusieurs équipes ont confirmé ces résultats. En effet, les personnes avec TSA manifestent des temps de fixation plus importants dans la région de la bouche par rapport à la région des yeux et des temps de fixation moins importants pour l'ensemble des aires d'intérêts correspondant au visage (Falck-Ytter et al., 2013 ; Jones & Klin, 2013). Le recours à des vidéos, et donc à des stimuli dynamiques plus écologiques que des images statiques, a aussi offert de nouvelles perspectives de compréhension de l'exploration visuelle des personnes avec TSA. Une des premières études a été réalisée par Klin et al. (2002). En comparaison au groupe témoin (apparié sur l'âge chronologique et le QI verbal), et à partir de la visualisation d'extraits de film, les auteurs ont montré que 15 personnes avec TSA (en moyenne âgées de 15 ans et avec un QI verbal de 101,3) présentent une quasi absence de fixation sur la région des yeux des personnages, et une plus forte attention sur leur bouche et sur des détails physiques non animés de la scène.

Un autre résultat important, soutenu par le travail en oculométrie, concerne le défaut d'attention conjointe souvent observé chez les enfants avec TSA. En effet, la capacité d'attention conjointe nécessite la prise en compte de l'orientation du regard de l'autre, de son visage, de ses gestes et/ou verbalisations pour s'orienter vers la source d'intérêt à partager. Pour mesurer cette compétence, l'oculométrie est de plus en plus utilisée comme l'atteste la revue de littérature de Cilia et al. (2018). Ainsi, par exemple, Swanson & Siller (2013) ont étudié l'attention conjointe à l'aide de l'oculométrie auprès de 21 enfants avec TSA (âgés en

moyenne de 7 ans et sans retard de développement) en comparaison à des enfants au développement typique en se basant sur la tâche suivante : les enfants explorent visuellement une actrice qui oriente son regard sur le côté sans orienter sa tête. Le regard peut être congruent (c'est-à-dire en direction de l'objet) ou incongruent (opposé à l'objet). Les enfants au développement typique manifestent une durée de première fixation plus longue dans la condition « congruente », mais ceci n'est pas observé chez les enfants avec TSA qui regardent aussi longtemps l'objet dans les deux conditions. Une autre étude (Riby & Doherty, 2009) menée auprès d'enfants avec TSA de 8 à 14 ans montre que ces derniers ont besoin de plus de temps pour fixer les régions informatives de la photo comme les yeux de l'actrice et l'objet référent. Ce phénomène est d'autant plus vrai que la sévérité du trouble est importante. Ces éléments soulignent une certaine lenteur d'exécution dans le suivi du regard des enfants avec TSA, ce qui fait écho aux éléments développés dans le modèle des désordres du traitement temporo-spatial (Gepner, 2014). Une autre étude (Thorup et al., 2016) a été menée avec l'ajout de l'élément suivant : l'orientation de la tête comme facilitateur du suivi du regard. Cette dernière a été réalisée auprès de 46 bébés à haut risque de développer un autisme et 17 bébés à faible risque (âge moyen de 10 mois dans les deux groupes). Les bébés regardent un spectacle de marionnettes joué en direct au cours duquel l'expérimentateur oriente soit uniquement son regard, soit sa tête et son regard vers l'une des deux marionnettes. En ce qui concerne les bébés à faible risque, les résultats révèlent un suivi du regard comparable dans les deux conditions, alors que chez les bébés à haut risque le suivi du regard est plus important dans la condition « regard et tête » comparativement à la condition d'orientation du regard seul. Enfin, Falck-Ytter et al. (2012) ont évalué le suivi du regard d'enfants avec TSA en comparaison à des enfants présentant un trouble envahissant du développement non spécifié, âgés en moyenne de 6 ans et présentant un retard mental modéré, et ils montrent que les capacités de suivi du regard sont moindres chez les enfants avec TSA par rapport aux enfants au développement typique, mais que cette différence ne s'observe pas en comparaison aux enfants présentant un trouble envahissant du développement non spécifié. Finalement, en ce qui concerne le suivi du regard d'enfants avec TSA lors d'une tâche d'attention conjointe, il semblerait que les bébés avec TSA soient plus lents, que leur attention visuelle portée au visage et au référent soit moindre, mais aussi que la rotation de la tête

semble les aider. Cependant, la synthèse de la littérature sur les études en oculométrie menée par Cilia et al. (2018) a permis de constater que ces difficultés de suivi du regard évoluent avec l'âge et qu'elles se manifestent plus intensément chez les enfants et adolescents avec TSA.

Compte tenu de l'augmentation des travaux sur TSA et oculométrie depuis les années 2000, Frazier et al. (2017) ont réalisé une méta-analyse portant sur les différences de regard en fonction de régions d'intérêts socialement pertinentes et non pertinentes chez des individus avec TSA. Ainsi, 122 études comprenant 5033 participants avec TSA âgés entre 4 mois et 40 ans ont été recensées dans cette méta-analyse qui pointe alors : des anomalies du regard observées pour un large éventail de stimuli et d'aires d'intérêts mais les particularités saillantes sont observées pour les stimuli décrivant l'interaction humaine et pour les aires d'intérêts essentielles pour se constituer une perception appropriée du contexte social et émotionnel. En d'autres termes, les personnes avec TSA accordent une plus grande attention visuelle aux régions non sociales, c'est-à-dire dépourvues d'indices sociaux, et une moindre attention aux régions du visage et du visage en entier lors d'interactions humaines, indices pourtant essentiels pour une perception sociale précise. Les auteurs ajoutent que cette tendance confirme la notion largement répandue selon laquelle les différences de traitement social sont une caractéristique essentielle du TSA. La méta-analyse de Frazier et al. (2017) a également permis de mettre en évidence des anomalies du regard remarquablement constantes dans le large éventail d'âges (entre 4 mois et 40 ans) des participants inclus dans les 122 études répertoriées. L'absence d'aggravation ou d'amélioration au fil des âges laisse supposer que ces anomalies du traitement visuel des informations sociales dans le TSA sont présentes très tôt chez le bébé et persistent jusqu'à l'âge adulte. De plus, les auteurs constatent que ces anomalies sont stables entre les différents niveaux de quotient intellectuel, ce qui va à nouveau dans le sens du caractère fondamental de ces anomalies du regard pour l'ensemble du spectre. Finalement, cette méta-analyse suggère que les personnes avec TSA présentent un traitement visuel atypique et que cette difficulté centrale serait liée à un défaut de sélection des informations socialement pertinentes par rapport aux informations non pertinentes.

Au regard des éléments du modèle des désordres du traitement temporo-spatial des flux multisensoriels, d'autres résultats d'études portant sur le traitement visuel dans le TSA semblent intéressants à considérer. En effet, l'étude de Falck-Ytter et al. (2013) a comparé le suivi oculaire d'enfants au développement typique de 4 à 7 ans, en comparaison à des enfants présentant un TSA, appariés sur l'âge chronologique. La tâche est la suivante : observer une scène sociale simple (conflit entre deux enfants qui se disputent un jouet). Les données obtenues en oculométrie révèlent que les enfants avec TSA présentent un temps de fixation moindre sur les régions d'intérêt prédéfinies (visage de l'enfant et objet), mais également un switching attentionnel, c'est-à-dire une capacité à désengager son attention visuelle pour passer d'un point d'exploration à un autre, plus lent entre les deux protagonistes de la scène présentée. La recherche d'indices pertinents à la compréhension de la scène est donc moins rapide et les enfants avec TSA sont de ce fait plus en difficulté pour suivre et comprendre le déroulement d'une scène sociale. Ces éléments viennent compléter les données mises en évidence par les études citées précédemment et notamment la méta-analyse de Frazier et al. (2017). En effet, il semblerait que les personnes avec TSA présentent des difficultés majeures dans la sélection des informations socialement pertinentes et elles sont également moins rapides pour sélectionner ces différentes informations. Ces difficultés de perception et de traitement pourraient notamment s'expliquer par le déficit du traitement temporel des stimuli sensoriels rapides mis en évidence dans le modèle des désordres du traitement temporo-spatial (Gepner, 2014) développé plus haut dans cette revue de la littérature, et qui a conduit au développement d'un logiciel de ralentissement afin de permettre aux personnes avec TSA de bénéficier de plus de temps pour traiter les informations, notamment visuelles. Des études portant sur les effets du ralentissement ont ainsi été menées en oculométrie et sont décrites ci-dessous.

3.3.3. Etude des effets du ralentissement des stimuli dynamiques sur le traitement visuel dans le TSA : travaux menés en oculométrie

Dans la poursuite des travaux menés sur le ralentissement (pour une revue, cf. Gepner, 2014), et à partir des données de la littérature en oculométrie décrivant des particularités du traitement visuel dans le TSA et mettant en exergue les difficultés majeures dans la sélection des informations socialement pertinentes (pour une revue, Frazier et al., 2017), des études

ont été poursuivies afin de mesurer les effets de la présentation ralentie sur l'exploration visuelle des personnes avec TSA dans le but de répondre à la question suivante : le ralentissement peut-il permettre une meilleure perception des indices et des informations sociales ? Voici une description des études menées à ce sujet.

Une étude longitudinale menée auprès de 23 enfants avec TSA âgés de 3 à 8 ans a été réalisée avec pour objectif de mesurer les effets de la présentation ralentie sur le traitement de la dynamique faciale de ces enfants (Tardif, Charrier et Gepner, 2016). L'histoire « les 3 petits cochons », racontée par une narratrice sur un écran d'ordinateur, a été présentée à ces enfants. Des mesures en oculométrie ont été enregistrées pendant que les enfants visionnaient cette histoire. Ces mesures ont été réalisées à 3 temps : au T0 (avant le début du suivi longitudinal) ; au T1 (+6mois) ; et au T2 (+12mois). Pendant cette année d'accompagnement, les enfants avec TSA sont accompagnés par des orthophonistes dans un contexte écologique, et sont divisés en deux groupes : un groupe expérimental (N=12) qui utilisent Logiral™ lors des séances d'orthophonie ; et un groupe contrôle (N=11) qui n'utilisent pas Logiral™ pendant ces séances, mais les supports habituellement utilisés par les professionnelles. Les résultats indiquent que les enfants du groupe utilisant le ralenti ont une meilleure exploration visuelle du visage présenté à l'écran d'ordinateur en fixant plus longtemps les yeux et la bouche (qui sont des caractéristiques centrales), par rapport aux enfants du groupe contrôle (Charrier et al., 2017 ; Charrier, 2014 ; Tardif et al., 2016).

Godde (2017) a étudié les effets d'une présentation visuelle du tracé de lettres, pseudo-lettres et mots dans différentes conditions : statique, dynamique temps-réel, dynamique ralentie et dynamique très ralentie sur les comportements d'exploration visuelle de ces tracés chez des enfants (N=16) et des adultes (N=20) avec TSA, en comparaison à des enfants (N=20) et adultes (N=21) au développement typique appariés sur le sexe et l'âge réel. Si, chez les enfants, les résultats ne mettent pas en évidence un réel bénéfice de la présentation ralentie sur leur comportement d'exploration visuelle, les conditions dynamiques (temps-réel, ralentie et très ralentie) entraînent néanmoins une augmentation du temps et du nombre de fixations par rapport à la condition statique. En outre, chez les adultes, la présentation ralentie des stimuli entraîne une amélioration de l'exploration visuelle (augmentation du temps et du nombre de

fixations) par rapport à la vitesse temps-réel ou la condition statique. Autrement dit, chez les enfants et les adultes, il existe un effet de la présentation dynamique des stimuli par rapport à la condition statique, et chez les adultes, on observe de surcroît un effet de la présentation ralentie sur les comportements d'exploration visuelle (Godde, 2017).

L'étude de Cilia et al. (2017) va également dans le sens des bénéfices de la présentation ralentie sur l'exploration visuelle des enfants avec TSA. En effet, les chercheurs ont présenté un stimulus à 18 enfants avec TSA. Le premier groupe constitué de 6 enfants (âge moyen 4 ans 3 mois) a vu la vidéo originale d'une actrice faisant référence à un ballon en le regardant, en pointant dans sa direction et en verbalisant sur plusieurs séquences distinctes. Le deuxième groupe constitué de 6 enfants (âge moyen 4 ans) a vu la même vidéo avec un ralentissement de 30 % par rapport à la vitesse originale. Enfin un troisième groupe de 6 enfants (âge moyen 5 ans et 3 mois) a vu la même vidéo avec un ralentissement de 50% par rapport à la vitesse originale. Les analyses qualitatives des patterns d'exploration visuelle mettent en évidence une plus grande attention portée aux séquences filmées (augmentation des temps de fixation), et une exploration visuelle plus adaptée (augmentation des regards vers la main de l'actrice qui pointe le ballon) lors de la présentation ralentie.

Ces travaux apportent des éléments intéressants en faveur du ralentissement et de l'utilisation de Logiral TM comme outil numérique permettant une meilleure exploration visuelle des personnes avec TSA, notamment sur des indices pertinents. Dans la poursuite des résultats des trois thèses des équipes de Tardif (Charrier, 2014 ; Godde, 2017) et Vandromme (Cilia, 2018), il serait intéressant de répliquer les investigations afin de préciser ces résultats en augmentant la taille de l'échantillon et en mesurant, outre l'activité d'exploration visuelle, la compréhension des scènes présentées. En effet, si la présentation ralentie permet une meilleure exploration visuelle de la scène et ainsi une plus grande attention sur des indices pertinents pour mieux la traiter, obtient-on, en cascade, une meilleure compréhension de la scène ? Cela pourrait faire l'objet de mesures complémentaires.

Trouble du Spectre de l'Autisme et Technologies numériques – Résumé

Depuis les années 2000, nous observons une évolution majeure du monde numérique avec l'apparition d'une nouvelle catégorie d'intervention basée sur les « *technologies numériques* ». L'intérêt de ces technologies comme outil thérapeutique et éducatif utilisées par les professionnels, praticiens et cliniciens, est de plus en plus important (Durkin, 2010), de même que pour les chercheurs qui y consacrent de plus en plus d'études (Grossard & Grynszpan, 2015). Les technologies numériques proposent un large éventail de possibilités mais dans le cadre de cette thèse, nous avons choisi de nous focaliser sur les tablettes tactiles composées de logiciels informatiques appelés « applications » car ces outils sont largement utilisés à des fins éducatives, pédagogiques et d'accompagnement des personnes en situation de handicap, ouvrant le champ de l'apprentissage grâce à la technologie. L'intérêt des personnes avec autisme pour ces outils semble s'expliquer par le caractère constant, la nature immédiate, prévisible et répétitive des informations, et l'absence de distraction sensorielle ou de demande sociale (Virole, 2014). *De facto*, ils semblent tout à fait répondre aux particularités de fonctionnement des personnes avec TSA et offrent ainsi un plus grand potentiel d'apprentissages et de motivations.

Ces tablettes tactiles et leurs applications sont ainsi utilisées afin d'améliorer certaines compétences dans le TSA, et ceci avec succès, notamment dans les domaines de la communication (Kagohara et al., 2010 ; van der Meer et al., 2011), de l'autonomie (Kagohara, 2011 ; O'Malley, Lewis, & Donehower, 2013), de la socialisation (Piper et al., 2006 ; Gal et al., 2009), des apprentissages académiques (Kagohara, Sigafos et al., 2012), et facilitent l'exploration visuelle des scènes ralenties (Charrier, Tardif, & Gepner, 2016). La littérature montre ainsi le potentiel de ces technologies, mais pointe également certaines limites. Ainsi, par exemple, les effets de l'utilisation des tablettes tactiles en comparaison à des supports traditionnels auprès d'enfants avec TSA, et dans un contexte écologique, ont été encore peu étudiés (Koumpourous & Kafazis, 2019). Ou encore, l'adoption de méthodes d'évaluation des outils numériques basées sur des guides de recommandations (Nielsen, 1994), telles que le proposent les sciences informatiques, est quasi absente des études existantes à ce jour, tout comme la personnalisation des applications au profil de chaque bénéficiaire (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018).

CHAPITRE 2. Problématique et objectifs de la recherche

1. Problématique

Si Kanner abordait déjà les particularités sensorielles en 1943 dans sa description princeps du syndrome, elles deviennent une caractéristique diagnostique du trouble en 2013 dans la cinquième et dernière version du DSM (APA). Les particularités sensorielles sont présentes chez 45 à 97% des personnes porteuses d'un TSA (Ben-Sasson et al., 2009 ; Degenne-Richard, 2014 ; Dellapiazza et al., 2018 ; Stanciu & Delvenne, 2016). Elles se manifestent dès le début de la vie et perdurent à l'âge adulte (Ben-Sasson et al., 2009 ; Germani et al., 2014). Elles sont source de diverses difficultés dans la vie quotidienne, notamment au plan de la communication, de l'autonomie et de la socialisation. Ainsi, les personnes avec TSA présentant un profil d'hyposensibilité ont plus de difficultés dans les domaines de la communication et de l'autonomie, alors que les personnes présentant un profil d'hyposensibilité manifestent plus de difficultés dans le domaine de la socialisation (Dellapiazza et al., 2018). Des troubles sévères du comportement sont constatés lorsque les troubles sensoriels sont importants (Degenne-Richard, 2014). Outre ces études, certains récits autographiques (Grandin, 1994, 1997 ; Schovanec, 2012 ; Williams, 1992) exposent bien ces particularités sensorielles et leur impact dans les activités quotidiennes pouvant aller jusqu'à altérer considérablement la qualité de vie des personnes. La prégnance de ces particularités sensorielles, quel que soit l'âge, le niveau de développement, ou le degré d'atteinte amène plusieurs auteurs à considérer le TSA comme un désordre sensoriel, et non plus seulement comme un dysfonctionnement social. Gepner (2014) expose ainsi, à travers le modèle des Désordres du Traitement Temporo-Spatial (DTTS) des flux multisensoriels, l'existence d'anomalies dans la perception et le traitement en temps réel des informations sensorielles, qui seraient à l'origine des manifestations cliniques de l'autisme et en expliqueraient les difficultés au plan social (perturbations de la communication, de l'autonomie et des interactions sociales). En effet, à partir de différentes études, les auteurs identifient un déficit du traitement temporel des stimuli sensoriels dynamiques dans les modalités visuelle (Mestre et al., 2002), auditive (Tardif et al., 2002), et proprioceptive (Schmitz et al., 2002). Ce déficit

est particulièrement important lorsque les stimuli sont complexes, dynamiques et rapides (Gepner & Tardif, 2009). Ils observent aussi que ce déficit entraîne, en cascade, de nombreux symptômes observés chez les personnes atteintes de TSA comme les problèmes pour percevoir les mouvements des yeux, du visage et du corps, générant une focalisation de leur attention sur des environnements statiques, moins aversifs, plus stables et plus faciles à décoder. C'est ce que Gepner (2014) appelle les « cascades maldéveloppementales » pour mettre en avant les conséquences développementales des déficits de perception et d'intégration des flux multisensoriels. En effet, les difficultés de traitement en temps réel des stimuli sensoriels dynamiques entraîneraient en cascade, les manifestations symptomatiques majeures de l'autisme (désordres de la communication verbale et non verbale et difficultés d'interactions sociales). Pour tenter de palier les conséquences de ces désordres du traitement des flux multisensoriels sur les comportements d'interactions et de communication des personnes avec TSA, l'utilisation d'un logiciel de ralentissement des stimuli audio-visuels (LogiralTM, Tardif & Gepner, version PC 2012, version tablette tactile 2014) est proposée aux enfants avec TSA qui peuvent ainsi ralentir le son et l'image de séquences filmées pour bénéficier de plus de temps pour traiter les informations et tenter ainsi de mieux les comprendre, mieux y répondre et/ou mieux s'y adapter. Cet outil numérique s'inscrit dans une démarche d'aide et d'accompagnement des personnes avec TSA pour une utilisation des technologies numériques.

En effet, les technologies numériques comme les tablettes tactiles sont particulièrement présentes dans les activités des personnes avec TSA comme l'observent Hedges et al. (2018), car elles permettent d'augmenter leur indépendance, d'améliorer leurs opportunités sociales et de réduire leur anxiété et leur stress. Ceci signifie que l'utilisation des technologies mobiles par les personnes avec TSA n'a pas une simple fonction de divertissement mais représente un réel support d'accompagnement. En effet, Koumpourous et Kafazis (2019) constatent que l'usage des technologies mobiles auprès des personnes avec TSA concernent principalement les technologies d'assistance, c'est-à-dire les « *produits d'assistance et les systèmes développés pour permettre aux personnes de maintenir ou d'améliorer leur fonctionnement et promouvoir ainsi leur bien-être* » (Organisation Mondiale de la Santé, 2016, p.1). Ceci a permis l'émergence d'une nouvelle catégorie d'intervention :

« *technology-based treatment* » (intervention basée sur la technologie, National Autism Center, 2009), largement utilisée à des fins éducatives, pédagogiques et d'accompagnement dans les domaines de la communication, des comportements difficiles, de l'autonomie ou encore de la socialisation (O'Neill et al., 2019). Ces tablettes tactiles sont particulièrement intéressantes à utiliser auprès du public avec TSA car, si selon le modèle des DTTS les personnes avec TSA présentent bien un défaut dans la perception et l'intégration des stimuli complexes et rapides, notamment visuels et auditifs, ce qui génère des difficultés de traitement des informations, alors l'outil numérique par le caractère constant et répétitif des supports proposés, la nature immédiate, prévisible et répétitive des informations, et l'absence de distractions sensorielles non-pertinentes semble bien répondre aux spécificités de traitement observées dans l'autisme. En outre, l'utilisation des tablettes évite les difficultés inhérentes à l'interaction avec une personne (Virole, 2014), tout en offrant à son utilisateur un outil non stigmatisant par rapport à d'autres outils (Song, 2012) et un outil également motivant et attractif (Wolff et al., 2014). Les tablettes tactiles et leurs applications ont ainsi massivement été utilisées afin d'améliorer les compétences considérées comme altérées dans le TSA et des études ont ainsi mis en évidence des effets bénéfiques de l'utilisation d'applications sur tablettes tactiles dans les programmes d'intervention, et plus particulièrement dans les domaines de la communication (Kagohara et al., 2013), de l'autonomie (Mercier et al., 2018 ; Pérez-Fuster et al., 2019) et de la socialisation (Fletcher-Watson et al., 2016 ; Hourcade et al., 2012) ; ce qui en fait un support d'accompagnement pertinent. C'est pourquoi, nous avons choisi de contribuer à la recherche dans ce domaine en étudiant les effets de l'utilisation d'applications sur tablette tactile dans les programmes d'intervention d'enfants avec TSA, en ciblant des objectifs de travail en communication, autonomie et socialisation, correspondant à leurs besoins spécifiques individuels.

Les études évaluant l'impact des interventions médiatisées par l'outil numérique auprès du public avec TSA n'en sont qu'à leur début, et elles présentent plusieurs limites, notamment la petite taille des échantillons puisque seulement trois études recensées dans la revue de la littérature sur le sujet (cf. Chapitre 1) ont été réalisées auprès de 26 à 54 personnes avec TSA (Fletcher-Watson et al., 2016 ; Hourcade et al., 2012 ; Mercier et al., 2018), pour un effectif moyen de 9 participants pour le reste des études. De plus, Grynszpan et al. (2014) indiquent

que les personnes avec TSA présentant un quotient intellectuel moyen ou supérieur à la moyenne sont surreprésentées dans l'ensemble des études portant sur les interventions basées sur les innovations technologiques. Or, nous savons que le TSA peut s'accompagner d'une déficience intellectuelle dans 50 à 70% des cas (Tardif & Gepner, 2019). Il est donc pertinent de s'intéresser de façon plus soutenue à la question de l'usage des outils numériques auprès de personnes présentant un TSA avec une limitation intellectuelle et/ou une sévérité du trouble plus importante que celle des études menées jusqu'à présent. Nous avons également pu constater qu'un certain nombre d'études s'est intéressé aux apports des tablettes tactiles dans les programmes d'accompagnement des personnes avec TSA pour le développement des compétences en communication, mais c'est encore trop peu le cas en autonomie et en socialisation. Pourtant, le développement des capacités de ce public dans ces trois domaines est essentiel afin de répondre à leurs principales difficultés et d'améliorer ainsi leur qualité de vie. Une autre limite de ces études recensées concerne le fait que peu d'entre elles ont eu recours à un groupe contrôle permettant par exemple, de comparer l'utilisation d'un outil numérique à un outil traditionnel (supports papiers, objets, jeux, etc.). En outre, les durées d'intervention et d'observation sont souvent courtes, ne permettant pas de se prononcer sur le maintien des effets, et le manque de formation des professionnels et aidants freinent encore trop souvent l'utilisation de ces outils auprès des personnes avec TSA dans un contexte écologique, autrement dit au sein de leur lieu de vie habituel (Koumpourous & Kafazis, 2019). C'est pourquoi, partant des constats et limitations dans les travaux existants, nous souhaitons étudier les effets des interventions numériques auprès du public avec TSA en les comparant aux effets d'une intervention utilisant un outil traditionnel en constituant ainsi un groupe expérimental (avec outil numérique) et un groupe contrôle (avec outil traditionnel) ; étudier les effets de ces différents outils auprès d'un échantillon relativement consistant au regard de ceux des études existantes ; inclure dans cet échantillon des enfants porteurs de TSA et d'une déficience intellectuelle ; travailler avec ces outils, dans un contexte écologique, c'est-à-dire au sein des établissements d'accueil des enfants. Nous avons donc souhaité réunir toutes ces conditions pour mener à bien ce travail de thèse qui est une recherche appliquée et réalisée dans le cadre d'une convention CIFRE.

En outre, les données de la littérature présentées précédemment (cf. Chapitre 1) soulignent également que, pour être adaptées et pertinentes dans l'accompagnement des personnes avec TSA, ces applications sur tablettes tactiles doivent être « pensées avec et pour » les utilisateurs avec TSA (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018). Des chercheurs (Fletcher-Watson et al., 2016 ; Mercier et al., 2018) et développeurs (Sociétés Auticiel et LearnEnjoy) travaillent donc dans ce sens, dans une démarche participative impliquant les utilisateurs avec TSA, afin de proposer des outils numériques adaptés à ce public spécifique. Cependant, nous n'avons recensé que trois études (Birtwell et al., 2019 ; Mercier et al., 2018 ; Nézereau et al., 2018) qui ont eu recours à des applications spécifiques, conçues et développées avec et pour des personnes ayant des besoins spécifiques et qui ont cherché à évaluer les effets de ces applications sur les compétences de leurs utilisateurs. Pour guider ce processus de conception d'outils numériques adaptés aux personnes avec TSA, Fletcher-Watson et al. (2016) identifient de grands principes à respecter parmi lesquels, la personnalisation, afin que le produit final dispose de plusieurs options pour les utilisateurs et les aidants, et soit le plus motivant et agréable possible. D'ailleurs, Aresti-Bartolome & Garcia-Zapirain (2014) précisent que les outils numériques doivent être personnalisables pour s'adapter aux besoins de chacun. Cependant, seule une étude s'est intéressée aux effets de la personnalisation d'applications éducatives (Kucirkova et al., 2014), et les auteurs ont étudié les liens entre personnalisation de l'outil et motivation/engagement des enfants dans la tâche, mais pas les effets de l'outil sur le développement de leurs compétences, ce qui nous a paru important à tester dans notre étude. Mais, face à la diversité des outils numériques déjà disponibles, choisir une application numérique adaptée aux besoins de la personne avec TSA peut être un vrai défi. Comment l'utilisateur avec TSA ou son aidant peuvent-ils évaluer l'outil et s'assurer qu'il dispose des critères attendus pour un public avec TSA ? Pour les aider dans cette démarche, le recours à la méthode d'inspection appelée « évaluation heuristique » proposée par les Sciences Informatiques peut être intéressante. Basée sur des guides de recommandations, cette méthode permet d'évaluer un outil numérique. Cependant, cette évaluation de l'outil numérique utilisé auprès des personnes avec TSA est absente des études existantes sur le sujet à ce jour, de même que l'est aussi l'étude de l'impact de la qualité de l'outil numérique sur le développement des compétences travaillées.

Nous savons donc aujourd'hui, à travers l'état de l'art sur l'usage du numérique auprès du public avec TSA, que ces outils semblent être adaptés à leurs particularités de fonctionnement et qu'ils permettent le développement de compétences, notamment en communication, autonomie et socialisation. Cependant, nous ignorons encore les effets de ces interventions en comparaison à des interventions utilisant des outils traditionnels, auprès d'un public porteur de TSA et de déficience intellectuelle, dans un contexte écologique et les effets de ces interventions en fonction de la qualité de l'outil numérique. C'est pourquoi, dans la lignée des travaux portant sur l'utilisation de tablettes tactiles dans l'accompagnement des personnes avec TSA, nous avons construit **la première étude de cette thèse, l'étude 1**. Elle vise à explorer l'effet de l'utilisation d'un outil numérique, une tablette tactile dotée d'applications spécifiques et adaptées au public avec TSA, sur les compétences en communication, autonomie et socialisation d'un groupe d'enfants avec TSA comparé à un autre groupe d'enfants avec TSA utilisant un outil traditionnel, lors de leurs séances de travail hebdomadaires, en contexte écologique c'est-à-dire au sein de leur établissement d'accueil. Cette étude 1 vise également à explorer les liens entre la qualité de l'outil et les progrès des enfants, au terme d'une année d'utilisation de la tablette AMIKEO (Société Auticiel ®) et de ces applications (Voice™, iFeel™, Séquence™, Agenda™, Social Handy™, Autimo™, ClassIt™ et Puzzle™) dont Logiral™ (Tardif & Gepner, 2014). Pour cela, nous proposerons une démarche d'évaluation heuristique de l'outil numérique utilisé afin d'en mesurer sa qualité.

En effet, avec cette application nous voulons tester l'influence du ralentissement de la présentation d'informations auditives et visuelles dans notre population d'étude à la suite des travaux ayant mis en évidence l'existence d'un bénéfice du ralentissement des informations dynamiques comme présenté dans la revue de la littérature [à savoir : de meilleures performances à des tâches de reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles et non émotionnelles (Gepner et al., 2001 ; Tardif et al., 2007), à des tâches d'imitation (Lainé et al., 2011), de traitement d'informations auditives verbales (Tardif et al., 2002), ou d'écriture (Godde, 2017), ainsi qu'une augmentation de l'attention et une diminution des comportements inadaptés (Charrier, 2014 ; Meiss et al., 2015), une amélioration de la compréhension de consignes, et de la communication verbale et non verbale (Tardif et al., 2016), ou encore une amélioration des patterns d'exploration visuelle du visage d'une

narratrice racontant une histoire (Gepner et al., 2020 ; Tardif, Charrier et Gepner, 2016)]. Parmi ces résultats, ceux obtenus en oculométrie dans les travaux pré-cités vont dans le sens des conclusions de la revue de littérature de Frazier et al. (2017) qui pointent des particularités du traitement visuel dans le TSA, et plus particulièrement des difficultés majeures dans la sélection des informations socialement pertinentes. On constate donc que la technique d'oculométrie, utilisée auprès du public avec TSA depuis les années 2000, est pertinente car elle permet, à partir de l'enregistrement des mouvements oculaires, d'apporter un éclairage sur le traitement visuel atypique dans le TSA. Elle est d'autant plus pertinente que, par son caractère non invasif et ne nécessitant aucune consigne ou réponse verbale, elle peut être utilisée auprès d'enfants non verbaux ou en difficulté sur le plan cognitif (Cilia et al., 2018). Cependant, peu d'études ont été menées en oculométrie auprès du public avec TSA pour mesurer les effets du ralentissement sur le traitement visuel (Charrier et al., 2017 ; Cilia et al., 2017 ; Gepner et al., 2020 ; Godde, 2017 ; Tardif et al., 2016). C'est pourquoi, nous avons voulu poursuivre les investigations afin de voir si le ralentissement permet une meilleure perception des indices sociaux, et si la compréhension de la scène est meilleure, chez des enfants avec TSA, en majorité modéré à sévère, et avec une déficience intellectuelle associée.

C'est dans la lignée de ces travaux portant sur l'utilisation du ralentissement dans l'accompagnement des personnes avec TSA que nous avons construit **la deuxième étude de cette thèse, l'étude 2**. Elle vise à explorer l'effet de différentes vitesses de présentation de dessins animés sur les comportements, l'exploration visuelle, et la compréhension d'enfants avec TSA visionnant ces séquences filmées dans trois vitesses différentes : vitesse « temps réel », vitesse « lente », et vitesse « très lente ».

2. Objectifs de la recherche

Ce travail de recherche s'inscrit dans un contexte sociétal visant à favoriser l'accompagnement des enfants porteurs de TSA par l'intermédiaire des technologies numériques, et plus particulièrement des tablettes tactiles permettant l'utilisation de multiples applications favorisant de nouveaux apprentissages.

Cette thèse présente ainsi un double objectif :

Premièrement, évaluer les compétences en communication, autonomie et socialisation d'enfants avec TSA inclus dans un groupe expérimental utilisant un outil numérique, comparés à des enfants avec TSA inclus dans un groupe contrôle utilisant un outil traditionnel, lors de séances hebdomadaires pendant une année, dans un contexte écologique qui est leur institution d'accueil ; mais aussi réaliser une évaluation heuristique de l'outil numérique utilisé afin d'en mesurer sa qualité et l'impact de cette qualité sur l'évolution des compétences des enfants avec TSA. Cela fera l'objet de l'étude 1 (cf. Chapitre 3).

Deuxièmement, évaluer l'effet du logiciel de ralentissement Logiral TM sur les comportements, l'exploration visuelle, et la compréhension d'enfants avec TSA visionnant des séquences filmées dans trois vitesses de présentations différentes : vitesse « temps réel », vitesse « lente », et vitesse « très lente ». L'enjeu de ce travail est de mesurer les bénéfices du ralentissement à l'aide d'une micro-analyse des comportements et de l'oculométrie. Cela fera l'objet de l'étude 2 (cf. Chapitre 4).

3. Ethique de la Recherche

Le terme « éthique », depuis toujours confiné à la philosophie, est désormais d'usage public : il définit les principes et les contraintes qui s'imposent à toute activité humaine en vue de la protection de la vie et du respect des personnes (Caverni, 1998). L'éthique concerne donc, entre autres, les sciences du comportement et la psychologie expérimentale. Le rôle du chercheur dans ces disciplines est primordial dans sa revendication et sa responsabilité vis-à-vis de la bonne tenue de ces principes. Notre recherche s'inscrit bien évidemment dans ces valeurs et principes et nous avons recours au code d'éthique des chercheurs et de la recherche en psychologie (Société Française de Psychologie, SFP, 2011) afin de traiter de ces questions d'éthique scientifique dans le cadre spécifique de notre recherche.

Tout au long de la construction et de la réalisation de cette recherche, et en lien avec le Principe 4 du code éthique de la recherche (SFP), nous avons respecté les droits fondamentaux des personnes impliquées dans la recherche, notamment en termes de protection de la

dignité, de l'intégrité et de la vie privée de la personne. Les familles susceptibles d'accepter que leur enfant participe à notre étude ont reçu une notice d'informations et toutes les explications utiles précisant les objectifs de la recherche, l'identité des responsables de la recherche, la méthode, les précautions prises pour garantir la confidentialité des données et l'anonymat des personnes, leurs droits et conditions de participation (dont le droit au respect de la vie privée et le droit de retirer leur consentement à tout moment), ainsi que la possibilité de demander des informations complémentaires (Principe 5, Code éthique de la recherche, SFP). A la suite de cela, un formulaire de consentement libre et éclairé a été distribué et signé par les familles qui ont souhaité que leur enfant participe à cette recherche.

Par ailleurs, notre recherche étant réalisée dans le cadre d'un partenariat entre Aix-Marseille Université (AMU, Centre PsyCLé) et l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques, mais également du fait que nos expérimentations se sont déroulées dans les établissements et services médico-sociaux de l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques, nous avons voulu nous assurer de la bonne tenue de l'ensemble de ces principes à travers l'élaboration de conventions de collaboration précisant les modalités de l'ensemble de ces partenariats. Ces documents ont été rédigés selon le Principe 8 du Code éthique de la recherche (SFP) indiquant que les bases de la collaboration entre différents acteurs doivent être explicitées (aspects financiers et intellectuels, publication ou non, diffusion scientifique des résultats et mention des personnes impliquées, etc.). Concernant la collaboration avec les différents acteurs dans le cadre de l'étude longitudinale notamment, deux points ont particulièrement retenus notre attention dans l'écriture de ces conventions : le respect de la vie privée (Principe 6, Code éthique de la recherche, SFP) en s'assurant du traitement confidentiel de toutes les données concernant les personnes impliquées pendant et après la recherche ; et l'utilisation des informations et la restitution des résultats de la recherche (Principe 7, Code éthique de la recherche, SFP). Le chercheur est bien entendu responsable de ces aspects liés à la sécurité, la confidentialité et l'utilisation des résultats, mais nous avons souhaité que chaque acteur concerné par cette recherche soit sensibilisé et se sente impliqué dans ces éléments éthiques. Concernant l'anonymat des données, cela a été garanti dès le début de la recherche. Nous avons attribué à chacun des enfants un code. L'ensemble des données sont stockées sur

un serveur interne et sécurisé à l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques auquel seule la doctorante a accès.

Les expérimentations de notre étude longitudinale (cf. Chapitre 3) se déroulant au sein de différents lieux d'accompagnement et auprès de professionnels dans le cadre du projet individuel de chaque jeune accueilli, nous avons veillé à concevoir un protocole de recherche qui soit en cohérence avec les recommandations de bonnes pratiques professionnelles de la Haute Autorité de Santé (HAS), notamment celles de 2012 concernant les interventions éducatives et thérapeutiques coordonnées chez l'enfant et l'adolescent porteurs d'autisme et d'autres troubles envahissants du développement. Les enfants avec TSA sont suivis par des médecins référents garant de la présente recherche sur le terrain, en association avec le Directeur Général de l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques. Aucune procédure invasive n'est réalisée. Les enfants restent sur leur lieu d'accueil habituel avec leurs référents éducatifs habituels. Le projet de thèse a été présenté devant le Comité Ethique du Centre de recherche Psyclé.

La revue de la littérature, la problématique et les objectifs de recherche ayant été exposés, le chapitre 3 suivant concernera notre première étude écologique et longitudinale auprès d'enfants avec TSA, et le chapitre 4 notre deuxième étude en eye-tracking et avec une micro-analyse des comportements.

CHAPITRE 3. Etude 1 – Utiliser l’outil numérique *versus* l’outil traditionnel pour travailler les compétences en communication, autonomie et socialisation auprès d’enfants avec TSA : une étude longitudinale en milieu écologique

1. Préambule : rappel du cadre théorique, objectifs et hypothèses générales

Les technologies numériques sont omniprésentes dans nos activités quotidiennes et les transforment de façon considérable (Vandromme, 2018). Cette tendance croissante de l’utilisation des outils numériques concerne également les personnes avec TSA, leurs familles et leurs accompagnants. Ainsi, des solutions numériques concrètes, couvrant un vaste champ de possibles ont été proposées pour pallier les difficultés des personnes avec TSA et répondre à leurs besoins particuliers (Grossard & Grynszpan, 2015). Parmi toutes les solutions technologiques dédiées aux personnes avec TSA, un intérêt préférentiel concerne les applications spécifiques sur tablette tactile comme le montrent les recherches portant sur des interventions utilisant les tablettes tactiles. En effet, les recherches incluant une méthodologie d’évaluation de ces interventions, apportent des preuves de l’efficacité globale de ces technologies (Vandromme, 2018), et plus particulièrement des apports significatifs dans les domaines de la communication (Kagohara et al., 2013), de l’autonomie (Mercier et al., 2018 ; Pérez-Fuster et al., 2019), et de la socialisation (Fletcher-Watson et al., 2016 ; Hourcade et al., 2012) se traduisant par un gain de compétences dans ces trois domaines (pour une revue, cf. Chapitre 1, 3.1.3, p.72). Dans la présente étude, nous étudierons également ces domaines car, d’après les difficultés rencontrées dans le TSA et les besoins particuliers des enfants avec TSA de notre échantillon, ils s’avèrent tout particulièrement pertinents de les travailler dans leurs programmes d’accompagnement.

En outre, ces études soulignent l’utilité de ces outils dans l’accompagnement des personnes avec TSA, mais elles sont menées auprès d’un faible échantillon (inférieur à 9 sujets dans la majorité des études) et auprès de personnes avec TSA la plupart du temps sans déficience

intellectuelle. C'est pourquoi, nous avons tenté dans la présente étude, d'avoir un échantillon d'environ 40 enfants et de proposer ces outils à un public d'enfants porteurs d'un TSA et d'une déficience intellectuelle. De plus, dans ces études l'absence de groupe contrôle utilisant d'autres outils représente une autre limite (Koumpourous & Kafazis, 2019). C'est pourquoi, nous souhaitons constituer un groupe expérimental composé d'enfants avec TSA qui utiliseront un outil numérique ainsi qu'un groupe contrôle composé d'enfants avec TSA qui utiliseront un outil traditionnel afin de comparer leurs évolutions respectives et étudier les effets de chacune des interventions. Ces études ne sont également pas réalisées dans un contexte écologique ni en longitudinal et n'étudient pas l'évolution des effets, ou encore la généralisation des acquis (Grossard & Grynszpan, 2015). C'est pourquoi, nous voulons étudier les effets de ces interventions dans un contexte écologique, c'est-à-dire au sein du lieu de vie habituel des enfants, et en longitudinal afin d'étudier les effets des interventions sur le long terme (un an). De plus, ces études ne testent pas ou peu d'applications spécifiques, conçues et développées avec et pour les personnes avec TSA, qui tentent de répondre au mieux à leurs besoins spécifiques (Allen, Hartley, & Cain, 2016 ; Aresti-Bartolome, & Garcia-Zapirain, 2014). Nous avons aussi observé que la plupart d'entre elles s'intéresse au développement des compétences en communication et assez peu en autonomie et socialisation. C'est pourquoi, nous avons choisi de travailler avec un outil numérique spécialement conçu et développé pour un public TSA, et pouvant être utilisé dans des programmes d'accompagnement en communication, autonomie et socialisation. Enfin, ces études ne s'intéressent pas ou peu à l'évaluation même de l'outil numérique en tant qu'outil d'aide pour le public ciblé. C'est pourquoi, nous souhaitons proposer une démarche d'évaluation de ces outils.

Ainsi, notre étude est réalisée auprès de 43 enfants avec TSA âgés de 3 à 16 ans et porteurs d'une déficience intellectuelle associée, suivis au cours d'une année en contexte écologique. Elle a pour **premier objectif d'évaluer les compétences en communication, autonomie et socialisation d'enfants avec TSA inclus dans un groupe expérimental travaillant avec un outil numérique, comparés à des enfants avec TSA inclus dans un groupe contrôle travaillant avec un outil traditionnel, lors de séances hebdomadaires pendant une année, dans un contexte écologique qui est leur institution d'accueil.** L'enjeu de ce travail est de mesurer les bénéfices de l'outil numérique (comparé à l'outil traditionnel) lors des

apprentissages et entraînements en communication, autonomie et socialisation. De là, nous posons **l'hypothèse générale n°1 (H1)** suivante :

H1 : Après un an de travail chaque semaine sur les compétences en communication, autonomie et socialisation, les enfants avec TSA du groupe expérimental travaillant avec la tablette tactile progressent plus que ceux du groupe contrôle apprenant avec un outil traditionnel.

Cette étude a pour **deuxième objectif de réaliser une évaluation heuristique des applications utilisées sur la tablette tactile auprès des enfants avec TSA du groupe expérimental**. L'enjeu de ce travail est de mesurer la qualité des applications choisies pour cette recherche et d'étudier les liens entre la qualité de ces applications spécifiques et l'évolution des compétences des enfants avec TSA. De là, nous posons **l'hypothèse générale n°2 (H2)** suivante :

H2 : Les progrès des compétences en communication, autonomie et socialisation des enfants avec TSA apprenant avec la tablette tactile est prédit par la qualité intrinsèque des applications de la tablette tactile.

Ces hypothèses générales sont opérationnalisées au paragraphe 5. de ce chapitre (« Opérationnalisation des hypothèses », p.156), lorsque nous aurons décrit au préalable le protocole expérimental et la méthodologie de recueil des données permettant de tester nos hypothèses.

2. Procédure et design expérimental

2.1. Elaboration de la procédure expérimentale

Pour rappel, il s'agit d'une **recherche-action et participative** pour laquelle les différents acteurs (professionnels et familles) ont souhaité se réunir pour réfléchir ensemble à la question de l'usage des technologies numériques pour les enfants avec un trouble du spectre de l'autisme. En effet, les établissements et services médico-sociaux sont équipés en

nouvelles technologies (tablettes numériques et applications, tableaux interactifs, logiciels et ordinateurs notamment), mais assez peu de professionnels font usage de ces outils. Ceci est à la fois dû au manque de formation sur les outils numériques et au manque d'information sur les procédures d'utilisation pour les intégrer pleinement dans les projets d'accompagnement des enfants avec TSA. Face à ce constat, les professionnels de l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques ont sollicité un partenariat avec le Centre de Recherche PsyClé (Aix-Marseille Université) afin de mener une recherche-action portant sur l'usage des outils numériques auprès d'enfants avec TSA. Les associations Adapei des Landes (40), Adapei des Hautes-Pyrénées (65) et Pupilles de l'Enseignement Public des Landes (40), dont au total 10 établissements et 35 professionnels référents ont été impliqués dans cette réflexion conduisant à la présente étude (Annexe 3. Présentation de l'ensemble des partenaires). Dès lors, un travail d'information et de présentation de ce projet de recherche a ensuite été entrepris auprès de chacune des équipes des établissements et services médico-sociaux concernées. Pour répondre aux objectifs de la thèse CIFRE nous avons ensemble co-construit un cahier des charges afin de décrire précisément les besoins auxquels le projet doit répondre, et organiser le travail entre les différents acteurs tout au long de la recherche. Ceci a été formalisé dans une convention de collaboration précisant l'objet et les termes de notre collaboration (Annexe 4).

Une fois le partenariat engagé avec les 10 structures d'accueil du public avec TSA, notre travail s'est centré sur le **recrutement de la population**. Pour cela, nous avons informé les familles des enfants accueillis dans ces différentes structures afin de recueillir leur consentement libre et éclairé concernant la participation de leur enfant à notre recherche. Différents moyens ont été utilisés : la diffusion d'une lettre d'information associée à un consentement libre et éclairé (Annexe 5) ; l'organisation de réunions avec les parents (Annexe 6) ; pour ceux qui n'ont pu se rendre à ces réunions, des rendez-vous individuels, ainsi que des rendez-vous téléphoniques. Les critères d'inclusion étaient les suivants : avoir reçu un diagnostic d'autisme selon les critères de la CIM-10 ou du DSM-IV-TR ou de TSA selon les critères du DSM-5 ; avoir obtenu le consentement libre et éclairé des familles pour que leur enfant participe à cette recherche ; être pris en charge dans un des dix établissements et services médico-sociaux impliqués dans la recherche ; avoir entre 3 et 16 ans. Suite à ces

différentes démarches, nous avons recueilli les consentements de 43 familles d'enfants avec TSA. Des indications plus précises seront données sur la caractérisation de cette population dans les parties suivantes.

L'une des premières questions a été **le choix de l'outil numérique** qui serait utilisé auprès des enfants avec TSA car aucun n'était véritablement mis en place et utilisé de façon systématique dans les établissements et que la question posée était justement de savoir ce que pouvait apporter l'utilisation régulière d'un outil numérique auprès de ce public et lequel pouvait répondre aux besoins de la population. Nous avons choisi de travailler avec un support tablette tactile plutôt qu'un ordinateur (fixe ou portable), car les tablettes sont les outils majoritairement utilisés, elles font l'objet de nombreux développements (création d'applications, tablettes dans les écoles, etc.), et elles sont mobiles et faciles à manipuler. Est alors venue la question du choix du système d'exploitation : Android développé par Google avec un noyau Linux ou iOS développé par Apple. Dans le cadre de cette recherche, comme nous souhaitions exploiter les données d'utilisation de la tablette, le choix a été simple. Le système iOS garde confidentiel toutes les données d'utilisation de leurs outils, nous nous sommes donc tournés vers le système Android. Nous avons ensuite fait le choix de la **tablette tactile Android AMIKEO** (Figure 9) (<https://auticiel.com/amikeo/>) développée par la **Société Auticiel**® (<https://auticiel.com/>) car elle conçoit des solutions numériques d'aide à l'apprentissage et à l'autonomie des personnes avec un handicap cognitif et/ou mental, dont tout particulièrement les personnes porteuses d'un TSA, en plaçant l'utilisateur au cœur du processus d'innovation⁶.

⁶ La société Auticiel® a été nommée Lauréat au Concours Handicap et Innovation du Gouvernement français (2017), Lauréat de la Fondation la France s'Engage (2018), et a reçu le prix de l'innovation au cours de la cérémonie des 91 d'Or 2018 pour la conception des applications AMIKEO en collaboration avec les professionnels, familles et associations (2018).



Figure 9. Tablette AMIKEO, Société Auticiel ®

Nous avons également choisi de travailler avec cet outil car la tablette AMIKEO comprend dix applications (Figure 10) (également développées par Auticiel ®) qui offrent la possibilité de travailler des compétences dans différents domaines qui nous intéressaient dans le travail au quotidien avec les enfants, à **savoir la communication, l'autonomie et la socialisation**. En outre, elle permet de **personnaliser** et d'adapter l'ensemble du contenu et des interfaces des applications. Les applications sont les suivantes : *Social Handy* pour travailler les interactions avec les autres ; *Autimo* pour apprendre les émotions ; *Logiral* qui permet de ralentir les vidéos ; *Puzzle Animaux* pour découvrir le puzzle avec des animaux et travailler le pointer/déplacer ; *ClassIt* pour apprendre à classer et généraliser ; *Time In* comme un timer ; *iFeel* est une application qui permet d'exprimer un besoin, un ressenti ou une douleur ; *Voice* est un classeur de communication numérique ; *Séquences* permet de réaliser des tâches étape par étape ; et enfin *Agenda* est une application qui sert à planifier son emploi du temps.



Figure 10. Applications AMIKEO développées par la Société Auticiel ®

Le travail proposé par cette société nous a semblé tout à fait pertinent et les tablettes qu'ils proposent totalement adaptées aux besoins des enfants avec TSA qui participent à notre recherche. Nous avons donc rencontré Sarah Cherruault-Anouge (Présidente) et Julie Renaud Mierzejewski (Directrice Recherche et Scientifique) à plusieurs reprises afin de déterminer ensemble l'objet de notre collaboration. Cela a été formalisé à travers un document présentant notre collaboration (Annexe 7).

L'étape suivante a été la **formation des professionnels à l'intégration et à l'utilisation d'un outil numérique**, et plus particulièrement à la tablette AMIKEO. En effet, des retours d'expérimentation de la mise en place de la solution numérique Auticiel ® au sein d'établissements et services médico-sociaux rapportent une forte corrélation entre la progression des utilisateurs et l'accompagnement des professionnels. Ce soutien permet de potentialiser l'efficacité de l'outil numérique. Dans un premier temps, j'ai été formée à Paris par Julie Renaud (Directrice Scientifique, Recherche et Développement d'Auticiel ®) à l'utilisation de la tablette AMIKEO. Nous avons ensuite demandé à chacune des structures impliquées dans la recherche d'identifier au minimum deux « référents numériques ». Ces référents ont été le ou la psychologue du service, ainsi qu'un ou plusieurs professionnels de l'équipe éducative (éducateur spécialisé, aide-médico-psychologique, moniteur éducateur). Ces derniers ont alors participé aux sessions de formation sur sites, menées par Julie Renaud,

et dont le but était l'intégration de la tablette numérique dans un établissement pour accompagner des personnes avec autisme. J'ai été présente à ces différentes sessions de formation afin d'être au cœur du dispositif de formation, et ainsi pouvoir prendre le relai auprès des équipes, encadrer et accompagner le travail des référents numériques et des différentes équipes à la suite des formations. Ainsi, les 20 professionnels ont été formés à la prise en main de la tablette AMIKEO, avec la découverte des applications pertinentes pour ce public, la formation à l'outil de suivi, la construction du projet et le choix des rituels d'utilisation.

De là, il a fallu **constituer les groupes de participants avec et sans tablette**. Les 43 enfants avec TSA ayant donné leur accord ont été répartis en deux groupes : un groupe composé de 21 enfants avec TSA qui travaillent les compétences en communication, autonomie et socialisation en utilisant la tablette AMIKEO (groupe expérimental) ; un groupe composé de 22 enfants avec TSA qui travaillent ces mêmes compétences avec un support traditionnel (papier, photos, objets, jeux) (groupe contrôle). Les enfants sont tous accompagnés dans leurs apprentissages pendant une année afin de suivre la progression de leurs compétences dans les trois domaines précités. La formation initiale et continue des professionnels et la durée d'intervention auprès des enfants entraînés ont fait l'objet d'une attention particulière dans la construction de notre dispositif de recherche car les éléments de la méta-analyse de Grynszpan et al. (2014) stipulent bien que la durée de l'intervention et/ou la présence d'un entraîneur humain peut influencer le succès de l'intervention, et que les chercheurs doivent ainsi évaluer soigneusement le rôle du formateur et la durée optimale du traitement pour chacune des interventions technologiques développées. Nous avons ainsi choisi d'accompagner les enfants 3 fois par semaine, lors de séances d'une durée de 15 minutes, ce qui représente un total de 45 minutes de travail par semaine.

Il convient aussi, comme le recommandent les travaux de Mercier et al. (2018) lorsque l'on utilise un outil numérique, d'en **évaluer la qualité**. En effet, il est attendu que de la qualité de l'outil numérique puisse dépendre la progression dans les apprentissages. C'est pourquoi, nous avons mené une **revue systématique de la littérature** sur les **évaluations heuristiques de l'utilisabilité des outils numériques** pour des utilisateurs avec TSA (Aguiar, et al., soumis).

Pour rappel, en sciences informatiques, il existe une méthode appelée « évaluation heuristique » ayant pour objectif d'évaluer les interfaces Homme-Machine. Ces « heuristiques d'utilisabilité » sont l'équivalent de « recommandations », ou de « critères » dont doit disposer l'interface de l'outil numérique. Plus l'outil numérique dispose de ces critères ou recommandations, plus celui-ci est conforme aux attendus pour une population donnée. Ces recommandations doivent être prises en compte lors de la conception, du développement et de l'évaluation de l'outil numérique afin d'assurer une expérience de qualité à l'utilisateur. La revue de la littérature (cf. 3.2.3. du Chapitre 1, p.92) a permis d'identifier 69 recommandations spécifiques pour guider les développeurs dans la conception et l'évaluation d'outils numériques adaptés aux utilisateurs avec TSA. Ainsi, partant de ces 69 recommandations, nous avons élaboré un guide appelé **AutismGuide** (pour AutismGUIDEline, Aguiar et al., soumis), afin de disposer d'un guide qui liste les recommandations spécifiques pour le développement, la conception et l'évaluation des outils numériques adaptés aux utilisateurs avec TSA. Afin que ce guide soit également lisible par les ergonomes, nous l'avons organisé selon les critères ergonomiques préconisés par Bastien & Scapin (1993) pour l'évaluation des interfaces homme-machine. De plus, nous avons opté pour un langage simple et descriptif, en évitant les termes techniques afin que cet AutismGuide soit accessible et utile au plus grand nombre, et notamment aux non-experts. Ainsi, les parents, professionnels ou encore personnes avec TSA peuvent être en mesure d'utiliser ce guide pour sélectionner les outils numériques les plus appropriés parmi la gamme de produits disponibles.

Afin d'évaluer cet AutismGuide et donc de mesurer la pertinence de chacune de ces 69 recommandations destinées à évaluer les outils numériques proposés aux utilisateurs avec TSA, nous avons diffusé un **questionnaire en ligne**⁷ pour déterminer si chacune des recommandations est : (1) pertinente (le niveau de pertinence de chaque recommandation nous aide à définir un sous-ensemble de recommandations essentielles, et d'autres seulement souhaitables par exemple) ; (2) compatible avec les besoins et les capacités des personnes

⁷ <https://etudes.centresycle-amu.fr/index.php/678725?lang=fr>

avec TSA ; (3) complète, ou si les répondants ont des suggestions à faire. Voici ci-dessous un extrait du questionnaire en ligne (Figure 11).

***Besoins Fonctionnels pour le profil aidant**

	Très pertinent	Pertinent	Peu pertinent	Non pertinent	Je ne sais pas
Accès au profil "Aidant" via un mot de passe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promouvoir une communauté online pour l'échange d'expériences	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Permettre la définition des objectifs d'intervention d'une manière collective (différents aidants)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Permettre d'importer et d'exporter les informations sur la performance de l'utilisateur principal (personne avec TSA) au format des rapports PEI (Programmes d'enseignement)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

📌 Le profil aidant regroupe un ensemble de fonctionnalités pour gérer les activités auprès des utilisateurs avec TSA. Les aidants peuvent être parents, thérapeutes, éducateurs, etc.

***Adaptabilité**

	Très pertinent	Pertinent	Peu pertinent	Non pertinent	Je ne sais pas
Interface adaptative basée sur l'historique d'usage, les préférences et les besoins de l'utilisateur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personnalisation des caractéristiques de l'interface (couleurs, police d'écriture, taille de police, arrière-plan, taille d'écran)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figure 11. Extrait du questionnaire en ligne

Ce questionnaire a été rempli par 435 personnes (66 personnes avec TSA, 95 aidants familiaux, 147 professionnels de soins et d'éducation, 88 professeurs et chercheurs, ou encore 39 développeurs/informaticiens). L'analyse des résultats à ce questionnaire, ainsi que les commentaires et remarques formulés par les répondants ont permis d'ajouter, d'affiner, ou encore de modifier, les recommandations présentes dans cet AutismGuide. Nous en proposons ainsi une version finalisée composée de 81 recommandations (Annexe 8). L'utilisation de l'AutismGuide dans le cadre de cette recherche est détaillée au point suivant, après avoir présenté les éléments du design expérimental.

2.2. Design expérimental

Dans notre dispositif expérimental, 43 enfants avec TSA ont été inclus afin de comparer l'évolution de leurs compétences en communication, autonomie et socialisation travaillées avec un outil numérique pour un groupe (21 d'entre eux), *versus* un outil traditionnel pour l'autre groupe (22 d'entre eux). Chaque enfant travaille donc chacun de ces 3 domaines 3 fois par semaine, lors de séances de travail d'une durée de 15 minutes chacune.

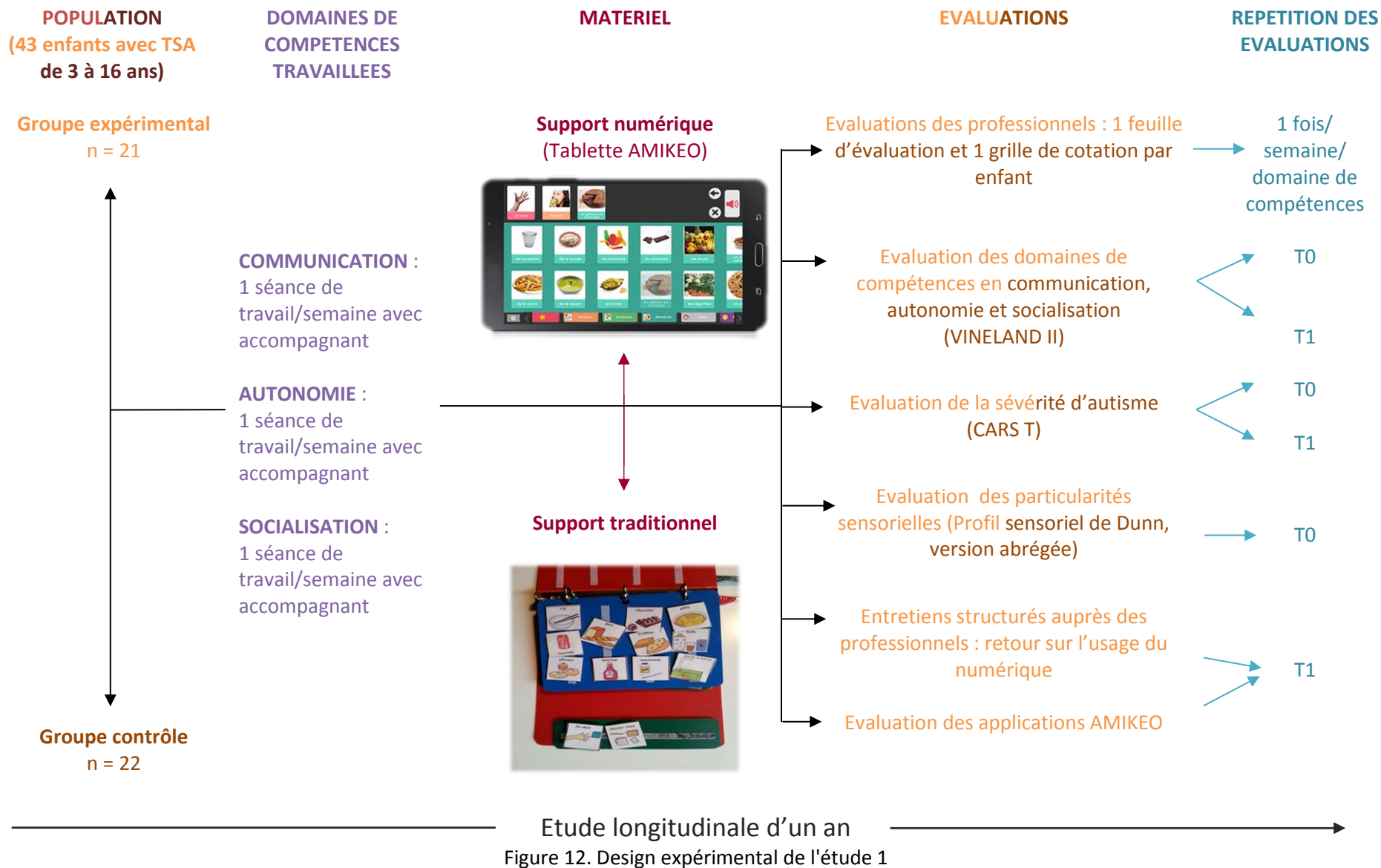
Une des **variables indépendantes** manipulée dans les deux groupes est le support utilisé pour accompagner les enfants dans leurs apprentissages. Cette variable catégorielle est à 2 modalités : les enfants avec TSA du groupe expérimental utilisant la tablette tactile AMIKEO, et les enfants avec TSA du groupe contrôle utilisant un support traditionnel (tout autre type de support habituellement utilisé qui ne soit pas numérique tels que des supports papiers, des objets, ou encore des jeux éducatifs). Une autre variable indépendante correspond au type de test choisi pour mesurer les effets des outils d'apprentissage, il s'agit d'une variable catégorielle à 2 modalités : « CARS-T » et « VINELAND-II ». Une autre variable indépendante est l'évaluation heuristique des applications AMIKEO basée sur l'AutismGuide.

Les **variables dépendantes** correspondent aux scores des 43 enfants avec TSA dans les domaines de la communication, de l'autonomie, et de la socialisation mesurés avec la VINELAND-II, et aux scores de sévérité d'autisme mesuré avec la CARS-T. Les enfants sont évalués à deux reprises : au T0 (au début de l'étude) et au T1 (+12 mois après le début de l'étude).

Nous réalisons également des **mesures complémentaires** afin de préciser les profils de chacun des enfants et d'affiner leur programme d'accompagnement pour adapter le contenu des séances de travail tout au long de l'étude longitudinale. Ces mesures sont faites grâce :

- au Profil sensoriel de Dunn, version abrégée ;
- aux observations des professionnels transcrites sur des fiches d'évaluation et des grilles de cotation après chaque séance de travail ;
- aux données d'utilisation des tablettes AMIKEO (temps d'usage, taux de réussite aux exercices, etc.) ;
- aux retours des professionnels sur l'usage du numérique à la suite d'entretiens structurés menés à l'issue de l'année de travail avec les applications AMIKEO.

Voici ci-dessous une figure représentant le design expérimental de cette étude, ainsi qu'une synthèse des différents temps de mesures et d'évaluations tout au long du suivi longitudinal (Figure 12).



Afin que chacun des professionnels puissent mener à bien au quotidien ce qui est demandé dans le cadre de cette recherche, nous avons organisé une **phase de test**. L'intérêt de cette phase de test était aussi d'inscrire la recherche dans une démarche de co-construction, valeur essentielle dans le contexte d'une recherche-action, nécessitant l'implication des professionnels de terrain pendant un an. Dans chacun des établissements, les 20 professionnels concernés ont appliqué le protocole pendant deux semaines pour un enfant du groupe expérimental, et un enfant du groupe contrôle. Ils ont donc suivi la méthodologie suivante : une séance de travail par semaine et par domaine (communication, autonomie et socialisation). Pour l'un des enfants, ces domaines sont travaillés avec un outil numérique, et pour l'autre avec un outil traditionnel. A la suite de ces séances, les professionnels renseignent deux types de données : des données qualitatives concernant l'attitude et le comportement de l'enfant lors de la séance ; des données quantitatives sous forme de fiche de cotation afin d'avoir le suivi de l'évolution de la compétence ciblée. L'objectif était ainsi de vérifier la bonne passation du protocole dans le cadre du fonctionnement du service, en vue de démarrer le suivi longitudinal. A l'issue de ces deux semaines, les professionnels nous ont fait part de leurs retours, remarques, et commentaires sur le protocole de recherche en fonction des usagers, sur les documents liés à la recherche, et sur les objectifs de travail identifiés pour les enfants. Leurs remarques ont été prises en compte afin d'adapter le protocole.

Nous avons élaboré une « **Pochette Protocole** » pour chacun des enfants qui participent à notre recherche. L'objectif de cette pochette est de réunir l'ensemble des documents en lien avec la recherche mais aussi que ces documents soient individualisés à chacun des enfants. Cette dernière est composée des éléments suivants (Annexe 9) : la présentation de l'étude ; la démarche à suivre concernant les séances de travail ; pour le groupe expérimental, une aide visuelle pour l'utilisation de la tablette AMIKEO ; concernant les objectifs de travail : une feuille d'introduction - le plan d'action de l'objectif à travailler - une fiche d'évaluation de la séance de travail (données qualitatives) – et une grille de cotation (données quantitatives) ; le calendrier de mes présences et disponibilités ; les définitions des différents types de guidance ; et un document « et si ... que faire ? ». L'intérêt de concevoir cet outil à destination des professionnels était double : permettre une harmonisation des pratiques concernant la mise en place de l'étude au sein des différents services ; et s'assurer

de la fidélité d'implantation du protocole recherche. En suivant cette méthodologie, la recherche a ainsi duré une année.

A la fin de l'étude longitudinale, afin de répondre aux limites de la littérature concernant l'évaluation des outils numériques et de répondre à notre hypothèse générale n°2 portant sur les liens entre la qualité de l'outil numérique et les progrès des enfants avec TSA, nous avons utilisé la méthodologie d'inspection d'interface (Scapin & Bastien, 1996) pour vérifier la conformité des applications AMIKEO aux critères de l'AutismGuide et proposer ainsi une **méthodologie d'évaluation de ces applications AMIKEO**. Cette méthodologie, dont l'objectif est d'évaluer la conformité de chacune des applications au regard des recommandations contenues dans l'AutismGuide, s'inscrit dans une démarche exploratoire que nous détaillons ci-après. Nous avons sollicité la participation de deux évaluateuses aux profils différents permettant ainsi d'obtenir deux regards sur les différentes applications, l'évaluation d'une informaticienne spécialiste en évaluation d'interface (Yuska Aguiar), et d'une psychologue spécialiste des TSA (Maëla Trémaud). Pour chacune des applications AMIKEO, les évaluateuses ont suivi une procédure précise définie par Nielsen (1994) dont voici les principales étapes :

- (1) Exploration initiale du système de l'application afin d'en avoir une idée générale au regard des critères de l'AutismGuide

- (2) Session d'évaluation afin d'inspecter les éléments de l'application et de les comparer aux critères de l'AutismGuide. Pour chaque critère (ou recommandation), une évaluation doit être faite parmi les items suivants :
 - Totalement en conformité (critère respecté dans la totalité de l'interface)
 - Partiellement en conformité (critère respecté par certaines parties)
 - Non conforme (critère non respecté)
 - Non applicable (n'est pas possible d'évaluer le critère)

Dans un premier temps, les évaluations sont individualisées c'est-à-dire que chacune des évaluateuses compare seule les éléments de l'application aux critères de l'AutismGuide. Des

conflits sont ensuite identifiés entre les deux évaluatrices lorsque deux évaluations différentes ont été faites pour un même critère (par exemple partiellement conforme pour la première évaluatrice et non conforme pour la seconde). Un rendez-vous est alors organisé pour résoudre ces conflits. Elles se réunissent pour comparer leurs évaluations et engager une discussion pour arriver à un consensus. Cette méthode s'appelle « quasi » interrater agreement approach ou inter juge. Ceci est illustré à la Figure 13 sur quelques critères des catégories « principes généraux » et « exigences fonctionnelles » pour l'application Séquence TM.

ID		éval-Maëla	éval-Yuska
GUP_01	être utile, il répond à ses objectifs de création	Totalement en conformité	Totalement en conformité
GUP_02	être efficient, il est le plus performant possible	Totalement en conformité	Totalement en conformité
GUP_03	être fonctionnel (correct, sans dysfonctionnement, sans bug)	Totalement en conformité	Totalement en conformité
FRQ_01	être protégé par un mot de passe	Partiellement en conformité	Partiellement en conformité
FRQ_02	permettre que les différents aidants définissent collectivement les objectifs d'intervention en fonction des besoins identifiés dans le projet de vie de la personne avec TSA (application comme mediatrice dans collaboration ou avec la sauvegarde/importation et partage des données)	Partiellement en conformité	Partiellement en conformité
FRQ_03	permettre d'importer et d'exporter les informations sur la performance (évolution de la performance, compétences) de l'utilisateur principal (personne avec TSA) au format des rapports (PEI: Programmes d'Enseignement Individualisé; PPS : Projet Personnalisé de Scolarisation; ou équivalent).	Non-conforme	Non-conforme

Figure 13. Double évaluation des critères de l'AutismGuide pour l'application Séquence TM

(3) Transformation des données qualitatives de la session d'évaluation en données quantitatives afin de déterminer la qualité de l'application au regard des critères (recommandations) de l'AutismGuide

Tous les critères n'ayant pas le même niveau d'importance selon les applications (leurs objectifs et domaines d'intervention), il a tout d'abord fallu pondérer chaque critère en fonction des applications en leur donnant différents niveaux d'importance et de pertinence. Pour chacune des applications, nous avons déterminé le niveau d'importance de l'ensemble des critères sur une échelle allant de 0 (non applicable) à +10 (très important) comme illustré à la Figure 14.

ID	Description	Logiral	Voice	Séquences	Puzzle	ClassIt	Autimo	Agenda	iFeel
GUP_01	être utile, il répond à ses objectifs de création	10	10	10	10	10	10	10	10
GUP_02	être efficace, il est le plus performant possible	10	10	10	10	10	10	10	10
GUP_03	être fonctionnel (correct, sans dysfonctionnement, sans bug)	10	10	10	10	10	10	10	10
FRQ_01	être protégé par un mot de passe	10	10	10	10	10	10	10	10
FRQ_02	permettre que les différents aidants définissent collectivement les objectifs d'intervention en fonction des besoins identifiés dans le projet de vie de la personne avec TSA (application comme médiatrice dans collaboration ou avec la sauvegarde/importation et partage des données)	5	7	8	1	5	8	8	5
FRQ_03	permettre d'importer et d'exporter les informations sur la performance (évolution de la performance, compétences) de l'utilisateur principal (personne avec TSA) préférentiellement au format des rapports (PEI: Programmes d'Enseignement Individualisé, PPS: Projet Personnalisé de Scolarisation, ou équivalent).	0	0	8	1	6	7	0	0

Figure 14. Déterminer le niveau d'importance de chaque critère selon les applications

Nous avons ensuite converti l'évaluation qualitative (totalement/partiellement/non conforme, non applicable) de chaque critère en évaluation quantitative à partir de la cotation suivante et comme illustré à la Figure 15 :

- Totalement en conformité = +4
- Partiellement en conformité = +2
- Non conforme = -4
- Non applicable = 0

ID	Description	Social Handy	Logiral	Voice	Séquence	Puzzle	ClassIt	Autimo	Agenda	iFeel
GUP_01	être utile, il répond à ses objectifs de création	4	4	4	4	3	4	4	4	4
GUP_02	être efficace, il est le plus performant possible	3	3	3	4	3	3	3	3	4
GUP_03	être fonctionnel (correct, sans dysfonctionnement, sans bug)	3	4	4	4	3	4	3	4	4
FRQ_01	être protégé par un mot de passe	3	-2	3	3	-2	3	-2	-2	3
FRQ_02	permettre que les différents aidants définissent collectivement les objectifs d'intervention en fonction des besoins identifiés dans le projet de vie de la personne avec TSA (application comme médiatrice dans collaboration ou avec la sauvegarde/importation et partage des données)	-2	-2	3	3	-2	-2	-2	3	-2
FRQ_03	permettre d'importer et d'exporter les informations sur la performance (évolution de la performance, compétences) de l'utilisateur principal (personne avec TSA) préférentiellement au format des rapports (PEI: Programmes d'Enseignement Individualisé, PPS: Projet Personnalisé de Scolarisation, ou équivalent).	3	0	0	-2	3	-2	-2	0	0

Figure 15. Convertir l'évaluation qualitative en évaluation quantitative

A partir de ces deux notes (importance du critère et évaluation du critère) nous avons pu réaliser des calculs pour donner une note à chaque critère. Voici un exemple concret. Pour l'application Agenda TM, le critère ADAP_10 (personnaliser les médias (insérer des images, photos, vidéos, textes, audio (voix ou une synthèse vocale naturelle), etc.) à partir de supports existants ou via la capture et l'enregistrement des nouveaux contenus) est évalué : totalement conforme, ce qui correspond à une note de +4. Le critère de cette application a été jugé : très important, ce qui correspond à une note de +10. On multiplie la conformité (+4) avec le niveau d'importance (+10), ce qui nous permet d'obtenir la note de +40 pour le critère ADAP_10 de l'application Agenda TM. On procède ainsi pour l'ensemble des critères et en additionnant

l'ensemble des notes des 81 critères, ce qui nous permet d'obtenir une note finale d'évaluation de l'application, ainsi qu'une note pour chacune des catégories de l'AutismGuide.

(4) Déterminer la qualité de l'outil numérique

Au regard de cette évaluation et des notes obtenues pour chacune des applications, nous avons déterminé un niveau de « qualité » de l'outil numérique. Pour cela, nous nous sommes inspirés des travaux portant sur l'échelle d'utilisation d'un système (ou *system usability scale* (SUS), Brooke, 1996). Cette échelle, de 0 à 100 points, permet d'évaluer l'utilisabilité de divers produits. A la suite des travaux de Bangor et al. (2009), elle a été complétée par une échelle d'évaluation à l'aide d'adjectifs. Cette échelle d'adjectifs en 7 points (chaque point correspond à un adjectif) permet de déterminer si un adjectif est associé à une plage des scores de l'échelle SUS (Figure 16). Elle aide ainsi les praticiens à interpréter les scores de l'échelle SUS pour porter un jugement relatif à l'utilisabilité du produit.

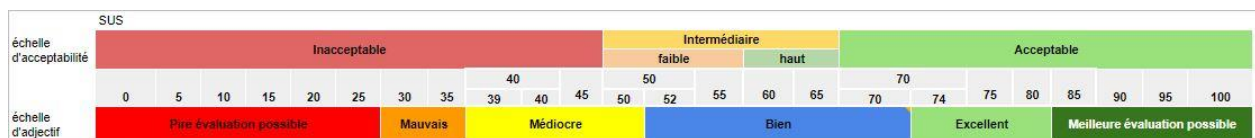


Figure 16. Correspondance entre l'échelle d'adjectifs et l'échelle SUS en 100 points

Afin de pouvoir utiliser cette échelle d'adjectifs, nous avons fait correspondre notre échelle d'évaluation de l'AutismGuide à chaque palier de l'échelle SUS en 100 points. La formule utilisée était la suivante : $(\text{Valeur maximale d'une application à l'AutismGuide} * \text{Un palier de l'échelle SUS 0-100 points}) / 100$ (Valeur maximale de l'échelle SUS). Cette formule a été répliquée pour tous les paliers de l'échelle SUS. Ensuite, il nous suffit de repérer à quel palier se trouve la note obtenue par une application à la suite de l'évaluation avec l'AutismGuide, et en fonction de où elle se situe, d'identifier l'adjectif correspondant. Cette méthodologie est utilisée pour une évaluation globale de l'application, mais aussi pour chaque catégories de l'AutismGuide.

Voici un exemple concret de l'évaluation globale de l'application Social Handy™. La valeur maximale possible de cette application (c'est-à-dire si l'ensemble des critères de l'AutismGuide sont conformes) est de 2472 points. (Je multiplie ce score par un palier de

l'échelon SUS, par exemple par 30) et je divise par 100. J'obtiens le score de 742. Je réplique cette formule pour l'ensemble des paliers de l'échelle SUS (de 0 jusqu'à 100). Ensuite, j'identifie où se situe le score de l'application Social Handy™ (1500 points) à la suite de l'évaluation à l'aide de l'AutismGuide, sur cette nouvelle échelle. Les 1500 points de cette application correspondent au palier 60 de l'échelle SUS, ce qui correspond au palier « Bien » de l'échelle d'adjectif.

En répliquant l'ensemble de cette méthodologie d'évaluation (des étapes 1 à 4) pour l'ensemble des applications AMIKEO j'obtiens une évaluation quantitative avec un score, mais également une évaluation qualitative des applications au regard des critères de l'AutismGuide. Cette évaluation étant réalisée de façon indépendante pour chacune des applications, je peux ainsi analyser la qualité individuelle de chacune mais aussi, faire une comparaison des niveaux de qualité générale des applications, faire une comparaison des niveaux de qualité spécifique des catégories de critères afin d'identifier les forces et les faiblesses de chaque applications, et enfin identifier les problèmes communs et qui se distinguent entre les applications. L'évaluation globale de l'ensemble des applications AMIKEO est illustrée à la Figure 17 et les résultats de ces évaluations en lien avec les performances des enfants avec TSA seront discutés au point 6. Traitements statistiques et résultats.

échelle d'acceptabilité	Inacceptable								Intermédiaire				Acceptable												
									faible		haut														
échelle SUS	0	5	10	15	20	25	30	35	40			50			70			75	80	85	90	95	100		
échelle d'adjectif	Pire évaluation possible						Mauvais		Médiocre			Bien				Excellent		Meilleure évaluation possible							
	Score min																						Score max	Ranking	
Social Handy	0	124	247	371	494	618	742	865	964	989	0	1236	1285	1360	1483	1607	1730	1829	1854	1978	2101	2225	2348	2472	3°
Score globale																							1500		
Logiral	0	108	217	325	434	542	650	759	846	867	976	1084	1127	1192	1301	1409	1518	1604	1626	1734	1843	1951	2060	2168	5°
Score globale																							1017		
Voice	0	120	240	361	481	601	721	841	938	962	1082	1202	1250	1322	1442	1563	1683	1779	1803	1923	2043	2164	2284	2404	1°
Score globale																							1818		
Séquence	0	130	260	390	520	650	780	910	1040	1040	1170	1300	1352	1430	1560	1690	1820	1924	1950	2080	2210	2340	2470	2600	4°
Score globale																							1491		
Puzzle	0	116	232	349	465	581	697	813	906	930	1046	1162	1208	1278	1394	1511	1627	1720	1743	1859	1975	2092	2208	2324	7°
Score globale																							650		
Classit	0	123	245	368	490	613	736	858	956	981	1103	1226	1275	1349	1471	1594	1716	1814	1839	1962	2084	2207	2329	2452	3°
Score globale																							1432		
Autimo	0	124	247	371	494	618	742	865	964	989	1112	1236	1285	1360	1483	1607	1730	1829	1854	1978	2101	2225	2348	2472	7°
Score globale																							750		
Agenda	0	125	250	375	500	625	750	875	975	1000	1125	1250	1300	1375	1500	1625	1750	1850	1875	2000	2125	2250	2375	2500	6°
Score globale																							1048		
iFeel	0	113	226	340	453	566	679	792	883	906	1019	1132	1177	1245	1358	1472	1585	1675	1698	1811	1924	2038	2151	2264	2°
Score globale																							1478		

Figure 17. Evaluations quantitatives et qualitatives des applications AMIKEO à l'aide de l'AutismGuide

(5) Identifier les problèmes et trouver des pistes de développement (pour les développeurs)

Cette dernière étape, particulièrement destinée aux développeurs d'outils numériques, doit permettre d'identifier les problèmes d'une application et de trouver des pistes de solution et de développement. A partir de l'identification de critères « Partiellement conforme » ou « Non conforme », nous avons listé les problèmes de l'interface de l'application. A chacun des problèmes identifiés, nous avons défini une appellation et un niveau de gravité (doit prendre en compte la fréquence et l'impact du problème) à partir de l'échelle suivante :

- 1 Faible
- 2 Moyenne
- 3 Grave : important de réparer
- 4 Très grave : impératif de réparer

Pour chaque problème identifié, nous indiquons également le critère de l'AutismGuide associé puis nous décrivons précisément le problème. Enfin, nous faisons des propositions de solution pour tenter de résoudre le problème. Ces étapes sont illustrées à la Figure 18.

Application AMIKEO					
Voice					
ID du problème	titre du problème	gravité du problème	critères violés	description du problème	proposition de solution pour résoudre le problème
1	Le niveau de batterie n'est pas disponible sur VOICE	2 Moyenne	Remarque NFRQ_04		Avoir une alerte concernant le niveau de batterie pendant qu'on est en train d'utiliser l'application et afficher les messages d'alerte pour charger la tablette si la batterie est à moins de 15% (par exemple)
2	Sensibilité du microphone et enregistrement des bruits d'environnement	2 Moyenne	NFRQ_06	On entend parfois un peu trop les bruits environnants	Proposer des algorithmes pour enlever les bruits d'Environnement et affiner les audio enregistrer comme consignes

Figure 18. Identifier les problèmes à la suite de l'évaluation d'une application avec l'AutismGuide

En complément de l'évaluation des applications AMIKEO, nous avons créé un **guide d'entretien structuré** (Annexe 10) afin de recueillir le retour des professionnels quant à l'usage de la tablette tactile AMIKEO auprès des enfants qu'ils accompagnent pendant l'année de l'étude longitudinale. L'objectif de cet entretien est principalement de recueillir des informations concernant la personnalisation des applications aux besoins des bénéficiaires puisqu'une des spécificités d'AMIKEO est la possibilité de personnaliser leurs outils. En effet, un grand nombre de recommandations présentes dans l'AutismGuide font référence à la nécessité de personnaliser et d'adapter l'outil numérique aux besoins de son utilisateur avec TSA, car cette personnalisation favorise notamment l'engagement et la motivation des

enfants dans la tâche (Critten & Kucirkova, 2015 ; Kucirkova et al., 2014). Cet entretien doit ainsi nous fournir des éléments pour investiguer la question suivante : Les progrès des enfants avec TSA sont-ils prédit par la qualité de l'outil numérique, et notamment à ses possibilités de personnalisation ? L'entretien est structuré en trois parties :

- (1) Informations relatives à la personnalisation de l'application en fonction de l'objectif de travail et des besoins de l'enfant avec TSA ;
- (2) Informations relatives à l'utilisation de l'application au cours de la séance de travail ;
- (3) Informations relatives au retour d'expérience du professionnel concernant l'application et la progression de l'enfant.

Cet entretien structuré est réalisé par une étudiante stagiaire en Licence 3 de Psychologie (Charlène Kuntz, Université de Bordeaux) quelques semaines après la fin du suivi longitudinal auprès des 20 professionnels référents numérique de cette étude. Ces entretiens sont d'une durée d'une heure en moyenne. Le choix de laisser mener ces entretiens par une personne totalement extérieure à l'étude repose sur notre souhait de n'induire aucune réponse dans un sens ou dans un autre et de respecter une neutralité de l'interviewer par rapport au retour d'expérience de l'interviewé.

3. Population

Comme l'indique la Figure 12, deux groupes d'enfants avec TSA ont été constitués : un groupe expérimental incluant des enfants avec TSA bénéficiant d'un outil numérique ; et un groupe contrôle constitué d'enfants avec TSA bénéficiant d'un outil traditionnel. Pour constituer ces deux groupes, nous avons réalisé des évaluations pour caractériser la population et également pour suivre l'évolution des enfants entre le T0 et le T1 en fonction de leur groupe d'appartenance (expérimental *versus* contrôle).

Afin de caractériser les profils des enfants diagnostiqués TSA et inclus dans cette étude, nous avons dû faire des choix concernant **les évaluations** à réaliser car les évaluations disponibles dans les structures d'accueil n'étaient pas homogènes, ni actualisées. Il a donc fallu réaliser pour les 43 enfants une évaluation qui tienne compte des critères suivants :

- être administrée pour des enfants âgés de 3 à 16 ans,
- que les compétences mesurées puissent être en concordance avec celles travaillées au cours du suivi longitudinal (communication, autonomie et socialisation) pour pouvoir avoir une mesure de l'évolution de ces compétences au cours du temps (T0-T1),
- que l'évaluation puisse répondre aux contraintes d'organisation et de disponibilité des enfants et des équipes des 10 établissements.

Au vu de ces éléments, voici une présentation et justification du choix des outils d'évaluation retenus.

La **VINELAND-II** (*Vineland Adaptive Behavior Scales*, 2nd ed, Sparrow et al., 2005) a été choisie car cette échelle permet d'obtenir pour des personnes de 0 à 90 ans un âge de fonctionnement adaptatif dans les domaines de la **communication**, de l'**autonomie** et de la **socialisation**, que nous avons choisi de travailler avec les outils traditionnels et la tablette AMIKEO. En outre, les items peuvent être repris pour cibler des axes de travail pour l'accompagnement des enfants avec TSA par les professionnels. Nous pouvions donc obtenir un score au T0 et au T1 avec tout un travail dans les 3 domaines entre les deux temps de test-retest. La VINELAND-II offre aussi un avantage concernant sa passation puisqu'il est possible de la remplir lors d'un entretien structuré (d'une heure minimum) avec une personne qui connaît bien l'enfant, et nous avons pu ainsi inclure dès le départ, au moment de l'évaluation de l'enfant, les professionnels de terrain qui ont collaboré à la recherche. Nous avons pu l'administrer au T0 et au T1 (+12 mois) de notre étude.

La VINELAND-II est une échelle s'adressant aux personnes tout venantes de 0 à 90 ans et permet d'évaluer le fonctionnement adaptatif de personnes souffrant de déficience intellectuelle, de troubles du développement dont le TSA, de trouble de l'attention/hyperactivité (TDA/H), de traumatismes crâniens, d'accidents vasculaires cérébraux, ou encore de démences types Alzheimer pour ne citer que quelques exemples. Le fonctionnement adaptatif est défini comme étant « l'ensemble des habiletés conceptuelles, sociales et pratiques apprises par la personne et qui lui permettent de fonctionner au quotidien » (AAMR, American Association of Mental Retardation, 2003). C'est un outil qui s'avère pertinent pour le TSA et qui est inscrit dans les outils recommandés dans les

recommandations pour la pratique professionnelle du diagnostic de l'autisme (mars 2012). Il permet d'évaluer, à l'aide de 297 items, le niveau d'autonomie et d'adaptation à tous les âges dans les domaines et sous-domaines suivants : communication (réceptive, expressive, écrite) ; autonomie (personnelle, domestique, communautaire) ; socialisation (relations interpersonnelles, jeu et temps libre, adaptation). Il est possible de l'administrer sous forme d'entretien ou d'auto-questionnaire. Dans le cadre de cette recherche, j'ai administré, auprès des professionnels (psychologue et éducateur), la version enquête en hétéro-évaluation afin de recueillir lors d'un entretien très détaillé, le plus d'informations sur l'enfant et de croiser les regards des personnes référentes de cet enfant. Le fait que je sois présente à chacune de ces évaluations a également été un atout car cela m'a permis de mieux apprécier le profil de chacun des enfants, dans l'objectif d'individualiser leur protocole et d'assurer le suivi de leur accompagnement dans le cadre de la recherche. Le binôme doit apprécier sur une échelle de Lickert en 3 points allant de 0 (jamais) à 2 (habituellement), ce que sait faire l'enfant sur le plan personnel et social dans ses activités quotidiennes. La cotation finale permet d'obtenir un âge dit de « fonctionnement adaptatif » ou encore un âge équivalent à celui d'un enfant en lien avec ce qu'il maîtrise comme comportements et ce qu'il devrait maîtriser par rapport à son âge réel, dans chacun des 3 domaines et 9 sous-domaines précités.

La **CARS-T** (*Childhood Autism Rating Scale*, (Schopler et al., 1980) a été utilisée afin de mesurer le degré de sévérité du trouble du spectre de l'autisme. Nous avons choisi cet outil d'une part car c'est un outil de référence dans le champ de l'autisme en tant qu'échelle de mesure des degrés de sévérité d'autisme, et d'autre part car il permet de fournir des indications précises sur les registres comportementaux fonctionnels, sensoriels, communicatifs des enfants, domaine par domaine (15 domaines évalués au total), au-delà de l'obtention du score global de sévérité. Pour les mêmes raisons que la VINELAND-II, les professionnels accompagnant les enfants avec TSA inclus dans notre étude ont réalisé avec moi cette évaluation. De même que pour la VINELAND-II, elle a été administrée au T0 et au T1 (+12 mois) de notre étude.

La CARS-T est une échelle standardisée qui permet d'identifier des signes légers, moyens ou sévères d'autisme à partir de l'évaluation de 15 domaines : les relations sociales, l'imitation,

les réponses émotionnelles, l'utilisation du corps, l'utilisation des objets, l'adaptation au changement, les réponses visuelles, les réponses auditives, le goût-l'odorat-le toucher, la peur et l'anxiété, la communication verbale, la communication non verbale, le niveau d'activité, le niveau intellectuel, et enfin l'impression clinique générale. Dans chacun de ces domaines, une cotation sur une échelle de Lickert en 4 points (1 pas de difficulté ou d'anomalie à 4 anomalies sévères, avec des notes intermédiaires à 0,5 permettant une précision plus fine) amène un score global précisant le « degré d'autisme ». Les enfants ayant un score inférieur à 30 sont considérés comme non autistiques, et ceux ayant un score égal ou supérieur à 30 sont considérés comme porteurs d'autisme, avec un autisme léger pour les scores allant de 30 à 36,5 et un autisme sévère pour les scores allant de 37 à 60. Outre ces scores, cet outil permet de donner des indices précieux sur le profil de la personne avec TSA et sur les difficultés qu'elle peut rencontrer au quotidien si l'on s'attache à regarder les différents domaines, au-delà d'un score total. En effet, il est nécessaire de rester prudent quant aux interprétations qui peuvent être faites à la simple lecture du score total car deux individus avec TSA ayant respectivement obtenus un score de 36,5 pour l'un et de 37 pour l'autre seraient identifiés comme appartenant à deux manifestations différentes du trouble : le premier présenterait un autisme léger, et le second un autisme sévère. Pourtant, le demi-point qui sépare ces deux individus n'est pas forcément représentatif d'une telle différence dans la manifestation du trouble. C'est pourquoi, nous nous sommes intéressés bien plus au profil de l'enfant avec TSA, tel que reflété par les cotations des différents domaines, qu'au score total renvoyant uniquement à une catégorie d'autisme. L'étude des 15 domaines évalués, et notamment ceux que nous considérons pertinents pour notre recherche (relations sociales, réponses émotionnelles, adaptation au changement, communication verbale, communication non verbale) complète ainsi l'étude des domaines évalués avec la VINELAND-II, fournissant ainsi des compléments d'informations pour mieux caractériser les enfants à T0 et à T1.

Le **profil sensoriel de Dunn** (Dunn, 2010, Profil sensoriel, ECPA) a été utilisé afin d'établir le profil sensoriel des enfants avec TSA car au vu des difficultés dans le traitement, la perception et l'intégration des informations multisensorielles relevées dans le TSA et à la place accordée à ces difficultés dans le modèle des DTTS (Gepner, 2014) ou dans d'autres modèles comme celui de la faiblesse de cohérence centrale (Frith, 1989), il nous a paru essentiel de

pouvoir connaître le profil sensoriel des enfants participant à notre recherche. C'est pourquoi, nous avons fait une évaluation uniquement au début de l'étude car l'objectif n'était pas de mesurer les particularités sensorielles avant (T0) et après (T1) notre intervention, puisque les accompagnements ne visaient pas à travailler sur ses fonctions sensorielles, mais il s'agissait de recueillir ces informations afin d'adapter au mieux les protocoles individualisés pour chacun des enfants afin de mettre en place des séances de travail dans les zones de confort sensoriel de chacun (aussi bien dans la personnalisation des applications sur tablette tactile pour les enfants du groupe expérimental, que dans l'environnement même et le cadre de la séance de travail pour l'ensemble des enfants). Ces évaluations sont recueillies auprès des psychologues et psychomotricien(ne)s, référents de l'enfant.

Ainsi, le profil sensoriel de Dunn est un outil s'adressant aux enfants âgés de 3 à 10 ans 11 mois. Il est utilisé pour évaluer les particularités de traitement de l'information sensorielle. Conçu sous la forme d'un questionnaire de 38 items (version abrégée), il se base sur le jugement des parents ou de la personne qui s'occupe habituellement de l'enfant. Chaque item du questionnaire décrit des comportements face à diverses expériences sensorielles et les parents ou accompagnants doivent indiquer la fréquence à laquelle l'enfant réagit à ces diverses expériences sensorielles, selon une échelle de Lickert en 5 points allant de 1 (toujours) à 5 (jamais). Il permet de tester l'altération éventuelle des capacités de traitement de l'information sensorielle de l'enfant. De manière générale, plus le score obtenu de l'enfant est bas, plus ses difficultés d'intégration de l'information sensorielle sont importantes. Les modalités sensorielles suivantes sont évaluées : sensibilité tactile ; sensibilité au goût/à l'odorat ; sensibilité au mouvement ; hyporéactivité/recherche de sensations ; filtrage auditif ; manque d'énergie/faible ; sensibilité visuelle/auditive, ainsi qu'un score global. Par rapport à une population typique, les scores attestent soit d'aucune anomalie sensorielle dite « performance typique » ; soit d'anomalies possibles dites « différence probable » ; soit d'anomalies réelles dites « différence avérée ».

Ces évaluations étant réalisées, nous avons ensuite pu constituer nos deux groupes à partir d'une analyse factorielle sur les dimensions suivantes « sévérité d'autisme » (CARS-T) et « fonctionnement adaptatif » (VINELAND-II). Cette analyse, effectuée sous R commander,

nous a permis d'identifier 5 clusters représentés sur la Figure 19 par 5 couleurs différentes. La dimension 1 fait référence au score à la CARS-T et la dimension 2 aux scores à la VINELAND-II. La figure est divisée en quatre parties car, pour chaque dimension, les scores sont répartis du plus faible au plus élevé. Concernant la CARS-T (dimension 1), les données à gauche de la figure correspondent aux scores les plus élevés et celles à droite aux scores les plus faibles. Concernant la VINELAND-II (dimension 2), les données en haut de la figure correspondent aux scores les plus élevés et celles en bas aux scores les plus faibles. Un point représente le score d'un enfant en fonction de ces deux dimensions, nous avons donc 43 points au total sur cette figure.

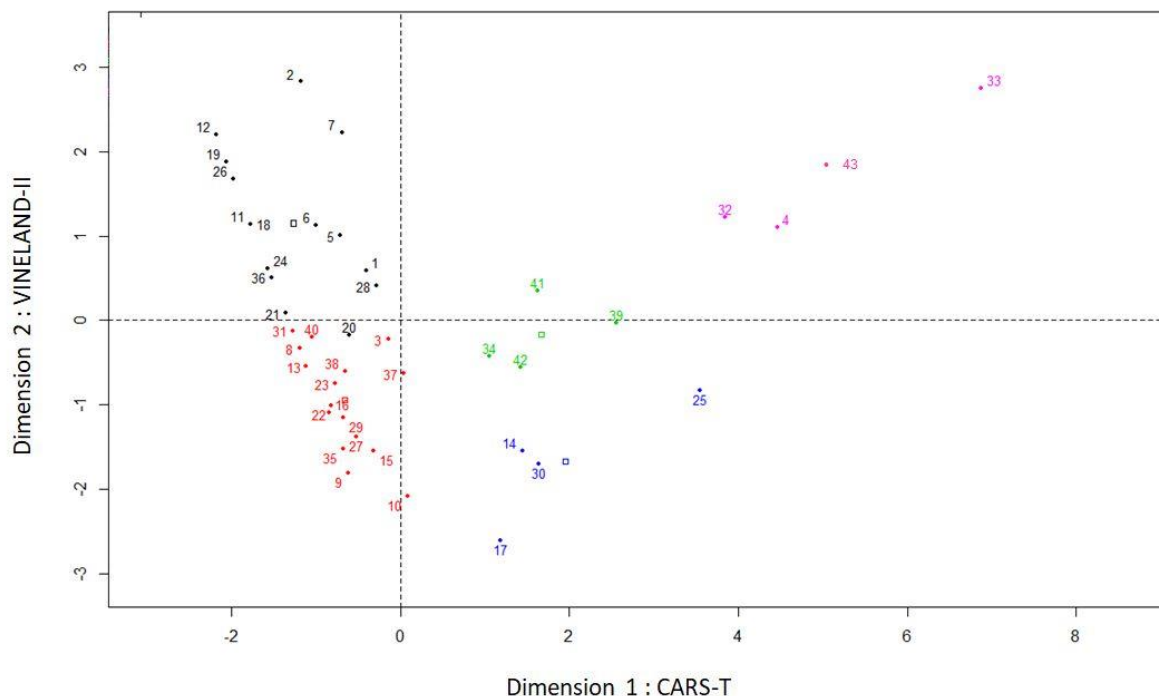


Figure 19. Répartition des enfants avec TSA en clusters sur la base des scores VINELAND-II et CARS-T

A partir de cette analyse, nous avons dû répartir les 43 enfants avec TSA dans nos deux groupes recherches, expérimental et contrôle. Deux principaux clusters se sont distingués : en noir les enfants avec TSA ayant les scores les plus élevés à la VINELAND-II et à la CARS-T (N=15), ce qui signifie un meilleur fonctionnement adaptatif mais un autisme plutôt sévère ; et en rouge les enfants avec TSA ayant les scores les plus faibles à la VINELAND-II et les plus élevés à la CARS-T (N=16), en d'autres termes un moindre fonctionnement adaptatif et un autisme

plutôt sévère. Afin que nos deux groupes soient les plus homogènes possibles, nous avons réparti une première moitié des enfants appartenant à ces deux clusters dans le groupe expérimental, et l'autre moitié dans le groupe contrôle. La même stratégie a été employée pour les clusters restants : vert (N=4), bleu (N=4), et rose (N=4). De plus, la répartition des enfants dans le groupe expérimental et contrôle s'est faite tout en prenant garde à intégrer les éléments suivants : nombre équivalent d'enfants dans les deux groupes ; proportion équivalente de garçons et de filles dans chacun des groupes ; souhaits des familles (comme le fait de vouloir participer à la recherche seulement si l'enfant n'a pas accès à la tablette) ; ou encore les observations et propositions des professionnels (par exemple des difficultés de motricité fine pour manipuler la tablette). Dès lors, les 43 enfants avec TSA, âgés de 3 à 16 ans (âge moyen = 9,56 ; SD = 3,74), ont été répartis de la façon suivante : 21 enfants avec TSA appartenant au groupe expérimental et 22 enfants avec TSA appartenant au groupe contrôle (Tableau 4).

Tableau 4. Présentation de la population avec TSA à T0 (groupe expérimental avec outil numérique et groupe contrôle avec outil traditionnel)

	Groupes d'enfants avec TSA (n = 43)	
	Groupe expérimental	Groupe contrôle
Effectif	n = 21	n = 22
Sexe	5 F / 16 G	7 F / 15 G
Age réel moyen ± Ecart-type	M = 10,10 ± 4,07	M = 9,05 ± 3,42

Tout au long de l'étude longitudinale, nous avons suivi ces 43 enfants dans les 10 structures d'accueil. Chacun d'entre eux a ainsi été accompagné et associé à la recherche. Cependant, au cours de la période d'expérimentation, nous avons eu une mortalité expérimentale principalement due aux difficultés de maintien du protocole de recherche au cours du temps, ceci étant lié aux éléments suivants : contraintes organisationnelles et institutionnelles (grèves longues dans certains établissements, événements associatifs non

prévus au départ) ; absences et turn-over des professionnels (formation, arrêt maladie) ; changements ou départs imprévus des référents numériques dans les équipes impliquées dans la recherche ; absences des enfants (maladie, accompagnement dans d'autres services, départs imprévus). La réalisation d'une recherche action et participative au sein du contexte de vie habituel des enfants avec TSA présente de nombreux avantages, mais également des inconvénients plus importants que nous l'avions imaginé. Tout au long de l'année d'intervention, nous avons cherché à pallier ces difficultés mais les éléments prenant tellement d'ampleur dans certains cas (exemple : grèves de plusieurs mois), nous avons été amenés à ne sélectionner pour le traitement des données, que les enfants pour lesquels un suivi régulier et rigoureux avait été réalisé tout au long des 12 mois de l'étude longitudinale. Pour ce faire, le principal critère nous permettant de connaître la fiabilité du travail entrepris hebdomadairement a été la traçabilité récupérée avec les « feuilles d'évaluation » remplies par les professionnels après chaque séance de travail. Chaque semaine, pour l'ensemble des enfants avec TSA, et pour chacun des domaines (communication, autonomie, socialisation), le codage suivant était effectué : séance de travail réalisée (feuille d'évaluation remplie) ; séance de travail non réalisée (mais justificatif fourni) ; séance de travail non réalisée (absence d'une feuille d'évaluation). Ainsi, sur la base des documents correctement renseignés, nous n'avons pu garder que 22 enfants avec TSA pour le traitement des données de l'étude longitudinale : 11 enfants avec TSA du groupe expérimental et 11 enfants avec TSA du groupe contrôle pour lesquels l'entièreté des données était garantie et fiable. Voici ci-dessous les Tableaux 5 et 6 présentant les caractéristiques de cette population (Annexe 11 pour une présentation détaillée à T0).

Tableau 5. Présentation de la population avec TSA après sélection pour traitement des données

	Groupes d'enfants avec TSA (n = 22)	
	Groupe expérimental	Groupe contrôle
Effectif	N = 11	N = 11
Sexe	3 F / 8 G	1 F / 10 G
Age réel moyen \pm Ecart-type	M = 9,85 \pm 3,68	M = 9,19 \pm 3,27
Sévérité autisme (CARS-T)		
(score moyen \pm Ecart-type)	M = 36,50 \pm 6,03	M = 38,55 \pm 5,15
(minimum – maximum)	30 – 48,5	30,5 – 46
Age de fonctionnement adaptatif (VINELAND-II)		
Age en communication (en mois, moyen \pm Ecart-type)		
Réceptive	M = 32,45 \pm 18,36	M = 25,64 \pm 16,73
Expressive	M = 33,00 \pm 24,16	M = 27,55 \pm 20,81
Ecrite	M = 64,55 \pm 17,55	M = 52,27 \pm 31,99
Age en autonomie (en mois, moyen \pm Ecart-type)		
Personnelle	M = 50,00 \pm 35,93	M = 39,27 \pm 16,21
Domestique	M = 45,82 \pm 37,35	M = 43,36 \pm 31,53
Communauté	M = 49,64 \pm 30,60	M = 35,73 \pm 25,89
Age en socialisation (en mois, moyen \pm Ecart-type)		
Relations interpersonnelles	M = 25,45 \pm 12,74	M = 16,36 \pm 7,03
Jeu et temps libre	M = 31,73 \pm 20,37	M = 21,00 \pm 11,33
Adaptation	M = 26,64 \pm 15,58	M = 24,91 \pm 12,17

Tableau 6. Suite présentation de la population avec TSA

Profil sensoriel (version abrégée de Dunn)				
N = nombre d'enfants avec TSA				
<i>Modalité sensorielle</i>	Groupe expérimental		Groupe contrôle	
	Performance typique	Performance atypique (Différence probable et Différence avérée)	Performance typique	Performance atypique (Différence probable et Différence avérée)
<i>Sensibilité tactile</i>	N = 4	N = 7	N = 7	N = 4
<i>Sensibilité au goût/à l'odorat</i>	N = 7	N = 4	N = 8	N = 3
<i>Sensibilité au mouvement</i>	N = 5	N = 6	N = 9	N = 2
<i>Hyporéactivité/ Recherche de sensations</i>	N = 5	N = 6	N = 6	N = 5
<i>Filtrage auditif</i>	N = 5	N = 6	N = 5	N = 6
<i>Manque d'énergie/Faible</i>	N = 6	N = 5	N = 6	N = 5
<i>Sensibilité visuelle/auditive</i>	N = 8	N = 3	N = 9	N = 2
TOTAL	N = 3	N = 8	N = 3	N = 8

4. Illustrations de l'accompagnement proposé aux enfants avec TSA avec et sans outil numérique

Voici ci-dessous, une présentation concrète de **deux protocoles**, l'un concernant un enfant du groupe expérimental (avec outil numérique) et l'autre concernant un enfant du groupe contrôle (avec outil traditionnel).

P. est un garçon avec TSA de 11 ans, pour lequel j'ai réalisé au début de la recherche, accompagné des professionnels qui le connaissent, les évaluations suivantes : évaluation des compétences en communication, autonomie, et socialisation à l'aide de la VINELAND-II, du

degré de sévérité d'autisme à partir de la CARS-T, et profil sensoriel à l'aide de la version abrégée de Dunn. Ces éléments, associés à l'ensemble des évaluations des enfants participant à cette recherche, ainsi que les retours des professionnels et de la famille de P., nous amènent à définir son groupe d'appartenance recherche : le groupe expérimental. En parallèle, j'ai formé les professionnels qui accompagnent P. à l'utilisation de l'outil numérique, et une tablette AMIKEO a été configurée pour être attribuée à P.

De plus, à partir de l'évaluation à la VINELAND-II, j'ai sélectionné un item dans chacun des domaines de compétences (communication/autonomie/socialisation) pour lequel une compétence était en émergence. Ceci m'a permis de définir des objectifs de travail dans le cadre de l'étude longitudinale, tout en m'assurant que cet objectif était cohérent par rapport aux attentes du profil d'accompagnement individuel de P. au sein de son établissement d'accueil. Le Tableau 7 présente les objectifs sélectionnés dans chacun des domaines, au début de la recherche.

Tableau 7. Objectifs dans le cadre du protocole recherche de P.

Domaine	N°	Objectif	Support numérique
<i>Numérique</i>	1	Introduction de l'outil numérique	Application Puzzle
<i>Communication</i>	2	Enrichir son vocabulaire	Application ClassIt
<i>Autonomie</i>	3	Se brosser les dents	Application Séquence
<i>Socialisation</i>	4	Adopter le bon comportement en groupe	Application Social Handy

Voici quelques détails supplémentaires concernant certains de ces objectifs :

L'objectif n°1 « introduction de l'outil numérique » fait référence à une phase d'habituation et d'appropriation de la tablette AMIKEO par P. Pour cela, je propose au professionnel d'instaurer un cadre de travail dans lequel P. utilise la tablette AMIKEO avec son accompagnant, et notamment l'application Puzzle qui permet de commencer à jouer et apprendre sur une interface ludique et personnalisable (possibilité de créer des puzzles numériques à partir des centres d'intérêt de P. pour susciter sa motivation et son intérêt). La durée de cette phase est plus ou moins importante en fonction des besoins de l'enfant.

L'objectif n°3 « se brosser les dents » doit lui permettre de développer ses compétences en autonomie personnelle. Une séquence visuelle numérique est créée et personnalisée (Figure 20) sur l'application Séquence afin de correspondre aux besoins de P. Elle est utilisée in situ, P. positionne sa tablette sur levier de la salle de bain, et réalise les différentes étapes de sa séquence à l'aide de son application. Cet objectif est travaillé auprès de P. une fois par semaine, chaque semaine, jusqu'à ce que l'objectif soit atteint.



Figure 20. Exemple d'une séquence visuelle numérique sur l'application Séquence TM

L'objectif n°4 « adopter le bon comportement en groupe » fait référence au développement de ses compétences en habiletés sociales. Des scénarios sociaux sont créés et personnalisés (Figure 21) sur l'application Social Handy afin de travailler l'identification des comportements attendus en situation de groupe. Ces quizz et scénarios sociaux sont travaillés « sur table » avec l'accompagnant de P. qui peut l'aider à identifier les bonnes réponses. A nouveau, cet objectif est travaillé auprès de P. une fois par semaine, chaque semaine, jusqu'à ce que l'objectif soit atteint.

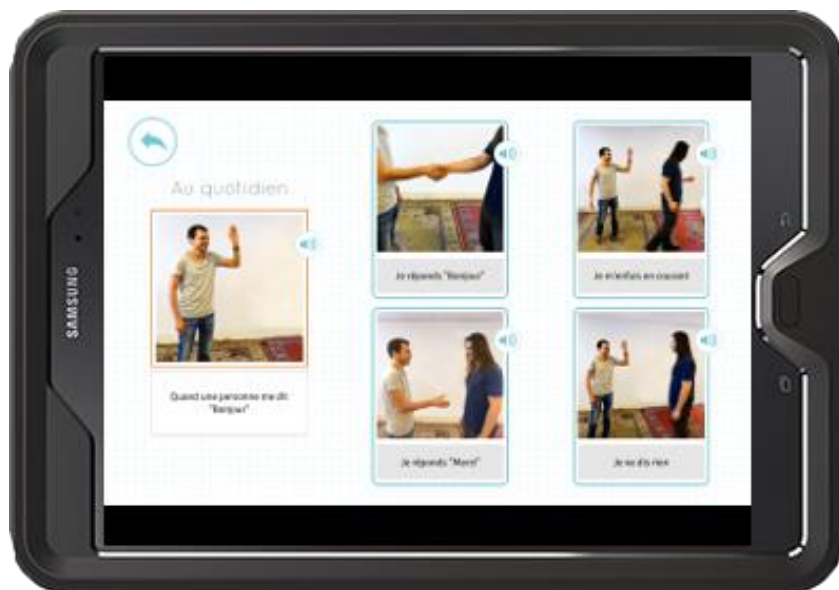


Figure 21. Exemple de scénario social sur l'application Social Handy TM

La démarche et mon implication sont sensiblement les mêmes pour le groupe contrôle, la différence se situe bien évidemment dans les stratégies d'intervention avec l'utilisation d'un outil traditionnel, et non plus numérique. Voici un exemple.

B. est un garçon avec TSA de 5 ans, pour lequel les mêmes évaluations que P. ont été réalisées au début de la recherche, à savoir : évaluation des compétences en communication, autonomie, et socialisation à l'aide de la VINELAND-II, du degré de sévérité d'autisme à partir de la CARS-T, et profil sensoriel à l'aide de la version abrégée de Dunn. Ces éléments, associés à l'ensemble des évaluations des enfants participant à cette recherche, ainsi que les retours des professionnels et de la famille de B., nous amènent à définir son groupe d'appartenance recherche : le groupe contrôle.

A partir de l'évaluation à la VINELAND-II, j'ai sélectionné un item dans chacun des domaines de compétences (communication/autonomie/socialisation) pour lequel une compétence était en émergence. A nouveau, ceci m'a permis de définir des objectifs de travail dans le cadre de l'étude longitudinale, tout en m'assurant que cet objectif était cohérent par rapport aux attentes du profil d'accompagnement individuel de B. au sein de son établissement d'accueil. Le Tableau 8 présente les objectifs sélectionnés dans chacun des domaines, au début de la recherche.

Tableau 8. Objectifs dans le cadre du protocole recherche de B.

Domaine	N°	Objectif	Support traditionnel
Communication	1	Dénommer 2 personnes	Photos et étiquettes mots
Autonomie	2	Se brosser les dents	Séquence visuelle papier
Socialisation	3	Jouer avec un pair moins de 5min	Jeux en double exemplaire

L'objectif n°2 « se brosser les dents » doit également permettre à B. de développer ses compétences en autonomie personnelle. Cette fois-ci, une séquence visuelle papier est utilisée (Figure 22). Elle est positionnée sur le mur de la salle de bain, à côté du miroir ce qui permet à B. de l'utiliser en contexte et de réaliser la séquence en suivant les étapes les unes après les autres. Cet objectif est travaillé auprès de B. une fois par semaine, chaque semaine, jusqu'à ce que l'objectif soit atteint.

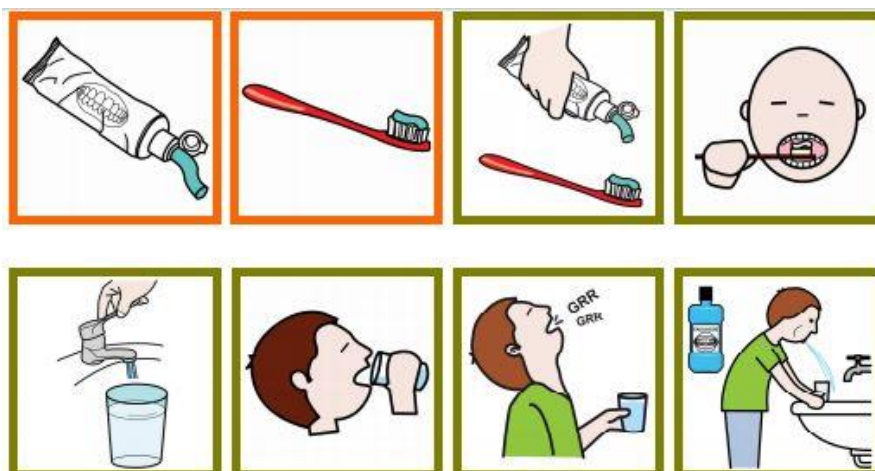


Figure 22. Exemple d'une séquence visuelle papier

L'objectif n°3 « jouer avec un pair moins de 5min » fait référence au développement de ses compétences en socialisation. Cet objectif est travaillé dans le cadre de séances d'activités éducatives, mais aussi au cours de la récréation. Des supports de jeux en double exemplaire sont proposés à B. et à l'un de ses pairs (Figure 23). L'accompagnant est présent et les guide pour l'interaction. A nouveau, cet objectif est travaillé auprès de B. une fois par semaine, chaque semaine, jusqu'à ce que l'objectif soit atteint.



Figure 23. Exemple d'une situation de jeux entre deux enfants

Pour chacun de ces objectifs, qu'il s'agisse du groupe expérimental ou bien du groupe contrôle, j'ai proposé aux professionnels un protocole éducatif personnalisé sous forme de tableau (Annexe 9 pochette recherche) dans lequel est détaillée une stratégie d'intervention. Cette dernière reprend les éléments suivants : l'objectif de travail (avec l'item de la VINELAND-II associé et les éléments du projet individuel de P.) ; les sous-objectifs (c'est-à-dire la décomposition du travail de l'objectif en plusieurs étapes) ; les stratégies d'intervention (contexte, matériel, personnalisation, guidance, renforcement) ; et enfin, le critère de réussite. Chacun des enfants avec TSA participant à cette recherche dispose donc d'un protocole personnalisé et individualisé. Celui-ci est ajusté également en même temps que l'enfant évolue.

A la suite de chaque séance de travail (sur table ou in situ), les professionnels qui accompagnent P. remplissent les deux documents suivants (Annexe 9 pochette recherche) : une feuille d'évaluation (ayant pour objectif d'identifier les comportements de P. au cours de la séance) ; une grille de cotation (permettant de suivre l'évolution des sous-objectifs).

Enfin, tout au long de l'étude longitudinale, j'ai accompagné les enfants avec TSA du groupe expérimental et contrôle, ainsi que leurs aidants pour définir le choix des objectifs de travail dans les différents domaines évalués, et les réajuster en fonction des évolutions des enfants,

pour la construction d'un plan d'action, mais aussi pour la manipulation et la personnalisation des tablettes AMIKEO.

5. Opérationnalisation des hypothèses

Pour rappel, l'**hypothèse générale n°1** est la suivante :

H1 : Après un an de travail chaque semaine sur les compétences en communication, autonomie et socialisation, les enfants avec TSA du groupe expérimental travaillant avec la tablette tactile progressent plus que ceux du groupe contrôle apprenant avec un outil traditionnel.

Ainsi, nous nous attendons à une augmentation des performances qui devrait se traduire par une augmentation des scores obtenus à la VINELAND-II dans les domaines de la communication, de l'autonomie et de la socialisation, et par une diminution des scores de sévérité aux différents domaines obtenus à la CARS-T. Si cette attente vaut pour le groupe expérimental comme pour le groupe contrôle, puisque les deux groupes travaillent ces mêmes compétences, en revanche un effet plus grand est attendu pour le groupe expérimental, à la faveur de l'outil numérique supposé être un facilitateur plus efficace pour des enfants avec TSA, que l'outil traditionnel.

Pour rappel, l'**hypothèse générale n°2** est la suivante :

H2 : Les progrès des compétences en communication, autonomie et socialisation des enfants avec TSA apprenant avec la tablette tactile est prédit par à la qualité intrinsèque des applications de la tablette tactile.

Ainsi, pour les enfants qui auront utilisé des applications dont l'évaluation heuristique montre une meilleure qualité (se traduisant par un score plus élevé de la qualité intrinsèque des applications), nous nous attendons à ce que leurs performances soient supérieures à celles des enfants qui auront utilisé des applications dont l'évaluation heuristique montre une moindre qualité.

6. Traitements statistiques et résultats

6.1. Effet de l’outil numérique sur le gain de performances des enfants avec TSA

6.1.1. Statistiques inférentielles

Les analyses ont été effectuées à l’aide des logiciels JAMOVI et R. La stratégie la plus commune pour étudier l’effet d’une intervention est la comparaison de moyennes, réalisée au moyen d’une analyse de variance (ANOVA) mixte. Dans la présente étude, suivant de récentes recherches sur l’effet d’intervention (Antoine, Congard, et al., 2018 ; Antoine, Dauvier, et al., 2018 ; Pavani et al., 2020), nous avons préféré recourir à une analyse de régression. L’analyse de régression effectuée dans cette étude possède, comme variable dépendante, le score des enfants à T1 obtenus aux différents tests. Les variables indépendantes sont : le groupe, variable catégorielle à 2 modalités (« Contrôle » et « Expérimental ») ; le score des enfants à T0 aux tests, ainsi que son interaction avec le groupe afin de déterminer si l’effet de l’outil numérique dépend du niveau initial des enfants ; le type de test (une variable catégorielle à 2 modalités « CARS-T » et « VINELAND-II »), ainsi que son interaction avec le groupe, ont été inclus parmi les variables indépendantes, pour déterminer si l’effet de l’outil numérique varie en fonction du test utilisé pour estimer les compétences des enfants ; la triple interaction entre le groupe, le score à T0 et le type de test, pour estimer la possible présence d’effets d’interactions plus complexes encore. Les variables liées à ce modèle ont été placées en Annexe 12.

Une analyse de régression possède deux avantages. Son premier avantage est de permettre de tester plus d’hypothèses qu’une ANOVA. Certes, l’analyse de régression aboutit aux mêmes résultats qu’une ANOVA quand les variables indépendantes étudiées sont toutes catégorielles. Cependant, contrairement à l’ANOVA, l’analyse de régression permet aussi l’étude de variables indépendantes numériques (par ex. : le score des enfants à T0). Son second avantage est sa capacité à fournir des résultats dont la représentation graphique est porteuse de sens. Comme décrit en détails dans Pavani et al. (2020), lorsque les scores de participants à T0 et à T1 sont respectivement considérés comme des variables indépendantes

et dépendantes, des graphiques où T1 est en ordonné tandis que T0 est en abscisse sont réalisables. Dans de tels graphiques, une diagonale peut alors être tracée, partant de [0, 0], passant par [1, 1], [2, 2] et continuant ainsi jusqu'aux scores maximum à T0 et T1. Cette diagonale revêt un sens psychologique. Elle représente en effet ce qu'il se passerait si aucun enfant n'avait connu de changement de T0 à T1. L'effet des interventions étudiées auprès d'un groupe « Contrôle » et d'un groupe « Expérimental », manifesté par une droite pour chaque intervention, peut alors être directement comparé à l'absence totale d'effet manifestée par la diagonale⁸. Si une droite relative à une intervention se trouve au-dessus de la diagonale, alors l'intervention a produit une augmentation moyenne des scores de T0 à T1. Si elle est en-dessous, alors l'intervention a produit une diminution des scores. Plus important encore, dans de tels graphiques, la pente des droites est aussi porteuse de sens. Elle nous informe en effet des possibles différences entre individus dans l'effet des interventions testées. Une droite pentue (parallèle à la diagonale) représente une intervention qui a tendu à exercer le même effet chez tous ses participants. Au contraire, une droite parallèle à l'axe des abscisses représente une intervention qui a surtout été bénéfique à ceux qui possédaient un score faible à T0.

Il convient de noter que l'analyse effectuée dans la présente étude est une extension des analyses de régression classiques. Il s'agit en effet d'un modèle linéaire à effets mixtes (LMM). Les LMM se distinguent par leur capacité à prendre en considération le caractère hiérarchique de certaines données (Gaudart et al., 2010 ; Nelder & Wedderburn, 1972). Or, nos données possèdent un tel caractère hiérarchique. En effet, une seule variable regroupe l'ensemble des scores des enfants aux différents tests passés à T0, et de même une seule variable regroupe l'ensemble des scores des enfants aux différents tests passés à T1. Or, ces scores sont premièrement emboîtés dans le type d'épreuve en question car, à T0 comme à T1, 29 types de scores étaient recueillis (les 15 items de la CARS-T, le score général à la CARS-T, le score aux 9 sous-domaines de la VINELAND-II, le score aux 3 domaines de la VINELAND-

⁸ Ces comparaisons visuelles s'effectuent au niveau descriptif. Elles ne peuvent se passer des résultats au niveau inférentiel, qui permettent de déterminer si les différences observables graphiquement sont statistiquement significatives.

II, et le score général à la VINELAND-II). Toutefois, un niveau d'emboîtement encore supérieur existe dans nos données, car à T0 comme à T1 et ceci pour chacun des scores recueillis, plusieurs enfants différents ont été étudiés. Ainsi, une hiérarchie à 3 niveaux s'observe dans nos données (observations emboîtées dans plusieurs types de scores emboîtés dans plusieurs individus), et nécessite la réalisation d'un LMM pour être prise en considération. Sans LMM, chaque observation serait considérée comme une observation recueillie auprès d'un enfant différent et avec une épreuve différente, ce qui biaiserait les résultats obtenus (Gaudart et al., 2010 ; Nelder & Wedderburn, 1972). Pour prendre en considération cette triple hiérarchie, le modèle réalisé contient un intercept aléatoire par type d'épreuve, ainsi qu'un intercept aléatoire par individu⁹.

Il est enfin à noter que les scores des enfants ont été centrés et réduits ($M = 0$, $ET = 1$) au niveau de chaque type de score (par ex. : item 1 de la CARS-T, item 2 de la CARS-T). Cette procédure a permis de mettre sur une même échelle chaque type de score recueilli, allant du premier item de la CARS-T au score général à la VINELAND-II. Elle a aussi rendu les résultats facilement interprétables. Si l'effet du groupe obtenu était, par exemple, de $b = 0,30$, cela signifierait que le groupe expérimental a produit des progrès de 0,30 écart-type supérieurs à ceux produits par le groupe contrôle, un effet de taille modérée. Les scores à la CARS-T ont par ailleurs été inversés pour refléter, comme ceux à la VINELAND-II, un score de compétence et non pas de déficience (un plus haut score indique des compétences plus importantes). Un LMM préliminaire¹⁰, réalisé pour déterminer si les enfants des 2 groupes se différenciaient déjà en moyenne à T0, a finalement suggéré que ce n'était pas le cas ($b = 0,27$; $p = 0,26$).

Les résultats du modèle décrit ci-dessus sont présentés dans le Tableau 9 et dans la Figure 24. Contrairement à ce qui était attendu (H1), l'intervention avec l'outil numérique n'a pas produit, en moyenne et de façon globale, une augmentation des scores de T0 à T1 plus

⁹ Exprimé à l'aide de la notation de Wilkinson & Rogers (1973) pour les modèles linéaires, notation utilisée dans de nombreux logiciels d'analyse statistique actuels comme JAMOVI et R, le modèle est : Score à T1 \sim 1 + Groupe * Score à T0 * Type de test + (1 | type d'épreuve) + (1 | participant)).

¹⁰ Exprimé à l'aide de la notation de Wilkinson et Rogers (1973) pour les modèles linéaires, le modèle initial est : Score à T0 \sim 1 + Groupe + (1 | type d'épreuve) + (1 | participant)).

importante que l'intervention classique, comme l'indique l'effet non significatif du groupe ($b = 0,02$; $p = 0,89$). Cependant, en comparaison à l'intervention classique, celle avec l'outil numérique a bien produit une augmentation plus importante des scores des enfants de T0 à T1, mais uniquement aux compétences évaluées avec la VINELAND-II, comme le suggère l'effet d'interaction significatif entre le groupe et le type de test ($b = 0,27$; $p < 0,05$). Aucun autre effet en lien avec le groupe n'est apparu statistiquement significatif, suggérant que ni l'effet moyen du groupe, ni son effet d'interaction avec le type de test, n'a dépendu du niveau initial des enfants. En bref, l'intervention avec outil numérique s'est bien montrée plus efficace que l'intervention outil traditionnel, mais uniquement pour développer les compétences évaluées par la VINELAND-II.

Tableau 9. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le LMM réalisé

Variable	b	Err. T	p
Intercept	-0,12	0,13	0,365
Score T0	0,19	0,06	0,001
Groupe	0,02	0,18	0,893
Test	0,21	0,08	0,012
Score T0 * Groupe	0,13	0,08	0,111
Score T0 * Test	0,55	0,1	< 0,001
Groupe * Test	0,27	0,11	0,017
Score T0 * Groupe * Test	-0,02	0,13	0,875

Note. « Err. T » = erreur type. Les effets statistiquement significatifs sont en gras.

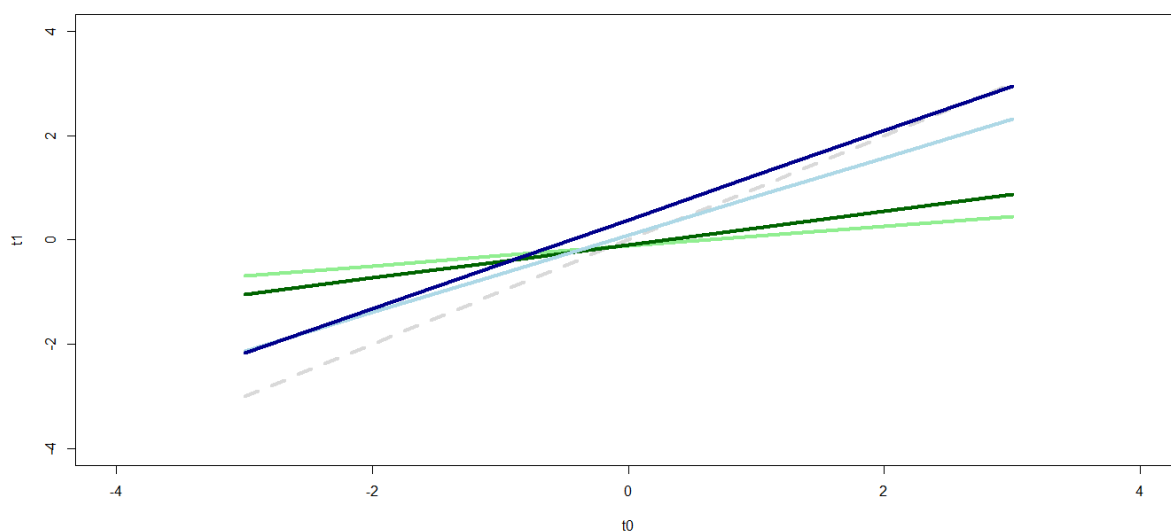


Figure 24. Evolution des scores en fonction du groupe et du type de test

Note : La droite vert claire correspond à la CARS-T pour le groupe contrôle, et la droite vert foncé à la CARS-T pour le groupe expérimental. La droite bleu clair correspond à la VINELAND-II pour le groupe contrôle, et la droite bleu foncé à la VINELAND-II pour le groupe expérimental.

En résumé, bien que nous n’observions pas d’effet significatif du groupe, nous observons des différences significatives entre l’évolution des performances à la VINELAND-II des enfants du groupe expérimental et celles du groupe contrôle. En effet, après un an de travail, les performances dans les domaines de la communication, de l’autonomie, et de la socialisation (VINELAND-II) des enfants apprenant avec la tablette tactile augmentent significativement plus que celles des enfants du groupe contrôle utilisant les supports classiques pour apprendre. Ces différences ne s’observent pas au niveau de la sévérité d’autisme dans les différents domaines évalués à la CARS-T. L’hypothèse générale n°1 est ainsi en partie validée.

6.1.2. Statistiques descriptives

Ces premiers résultats nous ont permis d’observer une amélioration des performances mesurées à la VINELAND-II pour les enfants avec TSA du groupe expérimental utilisant un outil numérique par rapport à ceux du groupe contrôle utilisant un outil traditionnel. Afin d’affiner ces résultats nous avons regardé l’effet des interventions domaine par domaine. Cependant, parce que les groupes sont trop limités en nombre, faire des statistiques inférentielles sur

chaque domaine s'avère irréaliste. C'est pourquoi, nous avons eu recours aux statistiques descriptives.

Pour chacun des domaines de compétences travaillés auprès des enfants avec TSA (à savoir la communication, l'autonomie et la socialisation), nous nous intéressons dans un premier temps aux performances des enfants du groupe expérimental en comparaison à celles des enfants du groupe contrôle, puis dans un second temps aux trajectoires individuelles de chacun de ces enfants afin d'identifier des profils d'évolution entre le début (T0) et la fin de l'étude (T1).

- *La communication*

Les données descriptives relatives à l'âge de fonctionnement adaptatif en communication des enfants avec TSA aux différents temps de mesure, au niveau individuel mais aussi au niveau du groupe expérimental et contrôle, sont présentées en annexe (Annexe 13). L'évolution de cet âge moyen au cours du suivi et en fonction du groupe est présentée sur la Figure 25.

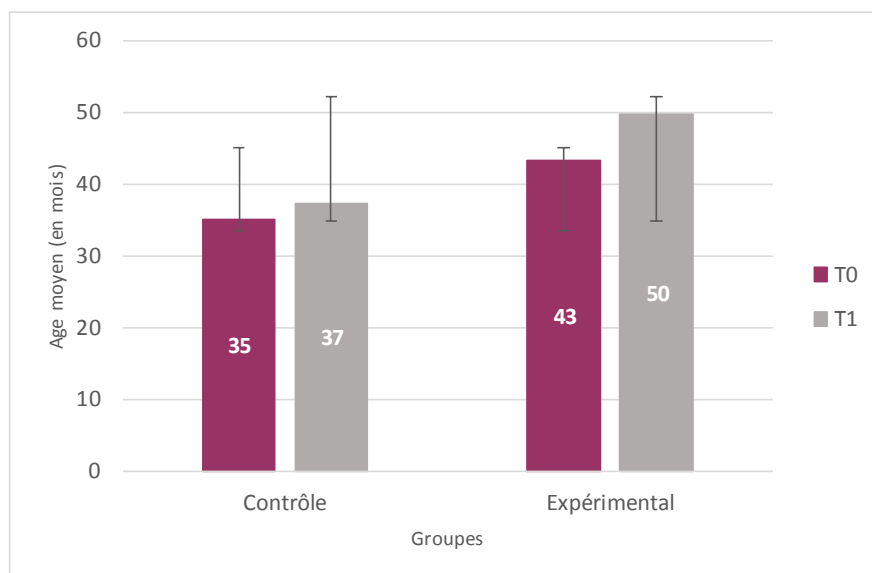


Figure 25. Age moyen en communication à T0 et T1 pour les deux groupes

Avec une moyenne de 35 mois à T0 ($ET = 22,55$) et de 37 mois à T1 ($ET = 21,69$) pour les enfants du groupe contrôle, et une moyenne de 43 mois à T0 ($ET = 18,10$) et de 50 mois à T1 ($ET = 25,90$) pour les enfants du groupe expérimental, l'analyse descriptive permet de constater une augmentation des performances grâce à l'année de travail. Les enfants avec TSA du groupe expérimental ont gagné en moyenne 7 mois en comparaison aux enfants du groupe contrôle qui ont gagné en moyenne 2 mois.

L'analyse des trajectoires individuelles permet d'identifier deux profils d'évolution. Le premier profil regroupe des enfants dont les performances ont progressé au cours des douze mois de suivi, ceci est illustré sur la Figure 26 pour le groupe expérimental et sur la Figure 27 pour le groupe contrôle.

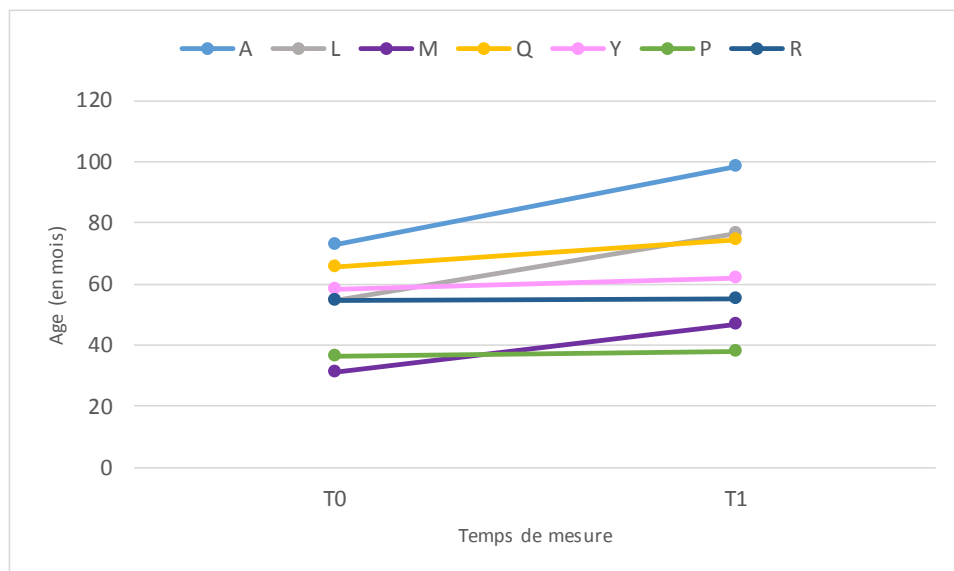


Figure 26. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en communication des enfants TSA du groupe expérimental

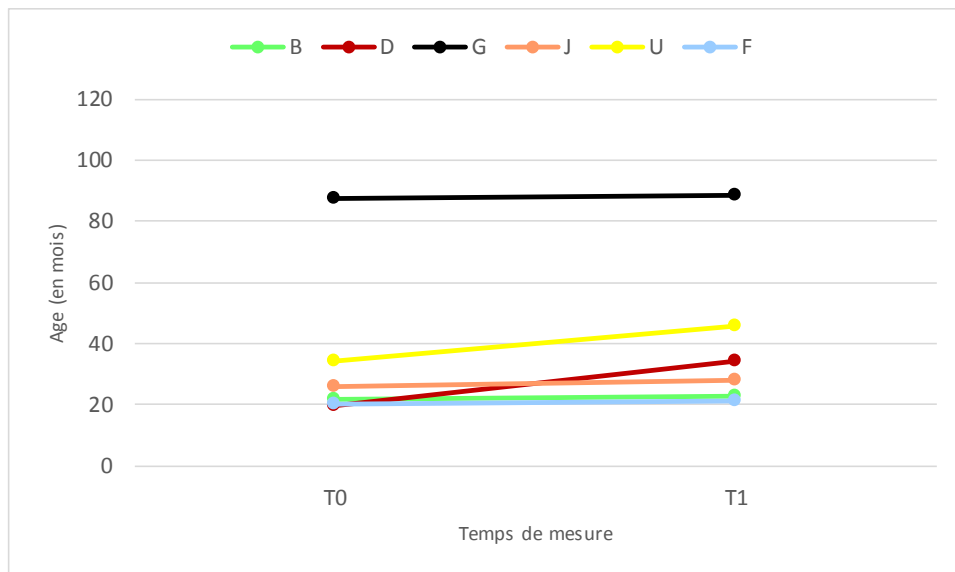


Figure 27. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en communication des enfants TSA du groupe contrôle

Dans le groupe expérimental, 7 enfants (soit 63%) présentent ce profil. C'est le cas également de 6 enfants du groupe contrôle (soit 54%). Cependant, l'analyse descriptive nous permet d'observer que les gains de performances au terme de l'année de travail sont très variables à l'intérieur des groupes. En effet, les progrès des enfants du groupe expérimental peuvent aller de 1 mois à 26 mois avec une faible évolution pour 3 d'entre eux (de 1 à 3 mois pour P., R. et Y.) et une évolution plus importante pour 4 d'entre eux (entre 9 et 26 mois pour A., L., M. et Q.). Les progrès des enfants du groupe contrôle peuvent aller de 1 mois à 15 mois, avec une évolution relativement importante pour seulement 2 d'entre eux (de 11 et 15 mois pour D. et U.), puisque les 4 autres enfants de ce groupe ne présentent un gain que d'un à deux mois (B., F., G. et J.).

Ces données nous permettent d'identifier que, même si l'on observe un gain en mois en communication pour un nombre similaire d'enfants entre le groupe expérimental (N=7) et le groupe contrôle (N=6), ce gain est plus important (en nombre de mois) pour les enfants du groupe expérimental, et concerne un nombre plus important d'entre eux en comparaison aux enfants du groupe contrôle.

L'analyse des trajectoires individuelles permet d'identifier un second profil qui regroupe des enfants dont les performances ont stagné ou régressé au cours du suivi. Ceci est illustré à la Figure 28 pour le groupe expérimental et à la Figure 29 pour le groupe contrôle.

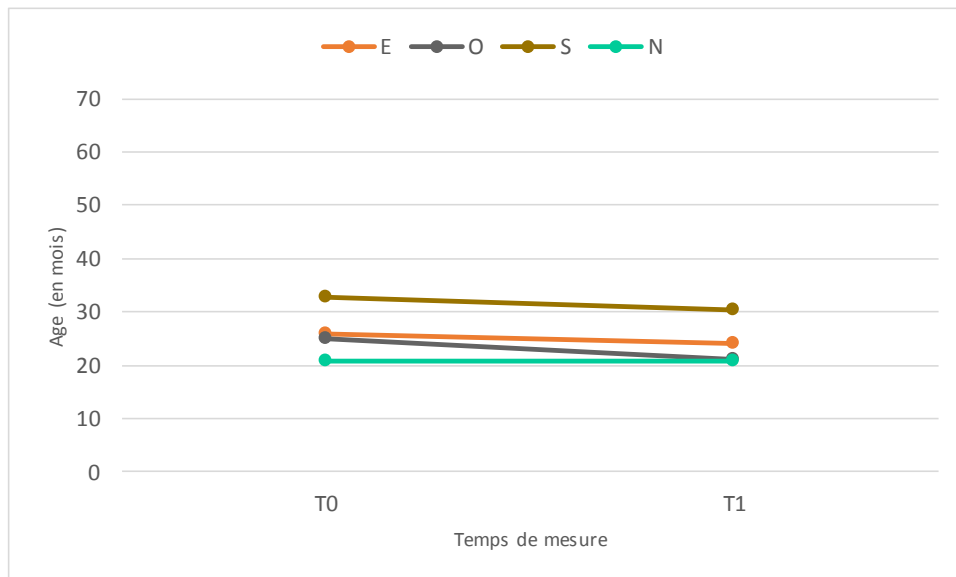


Figure 28. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en communication des enfants TSA du groupe expérimental

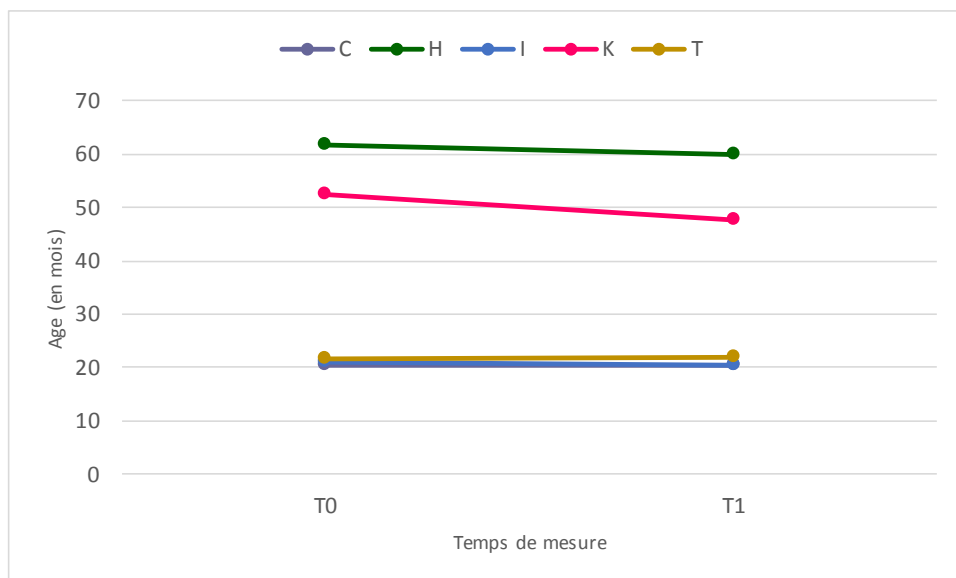


Figure 29. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en communication des enfants TSA du groupe contrôle

Dans le groupe expérimental, 4 enfants (soit 36%) présentent ce profil. C'est le cas également de 5 enfants du groupe contrôle (soit 45%). L'analyse descriptive permet d'observer une évolution relativement similaire entre les groupes. En effet, une diminution de l'âge de fonctionnement adaptatif en communication est observée pour 3 enfants du groupe expérimental (de 2 à 4 mois pour E., O. et S.) ainsi que pour le groupe contrôle (de 1 à 5 mois pour H., I. et K.). De plus, pour un enfant du groupe expérimental (N.) et deux du groupe contrôle (C. et T.), on observe une stabilité des performances entre les deux temps d'expérimentation.

Pour certains des enfants qui présentent une légère diminution de leurs performances après une année de travail, quel que soit l'outil utilisé (E., O. et S pour le groupe expérimental et H., I. et K. pour le groupe contrôle), on peut voir que cette baisse concerne le sous-domaine « communication écrite » pour 4 des 6 enfants (E., O., S., et K.). Ceci apparaît donc moins surprenant car, d'après les difficultés identifiées chez ces enfants et les objectifs de leur projet individuel, les deux domaines principalement travaillés en termes de communication ont été la communication réceptive et expressive. L'accent n'a ainsi pas été mis sur la communication écrite.

- *L'autonomie*

Les données descriptives relatives à l'âge de fonctionnement adaptatif en autonomie des enfants avec TSA aux différents temps de mesure, au niveau individuel mais aussi au niveau du groupe expérimental et contrôle, sont présentées en Annexe 14. L'évolution de cet âge moyen au cours du suivi et en fonction du groupe est présentée à la Figure 30.

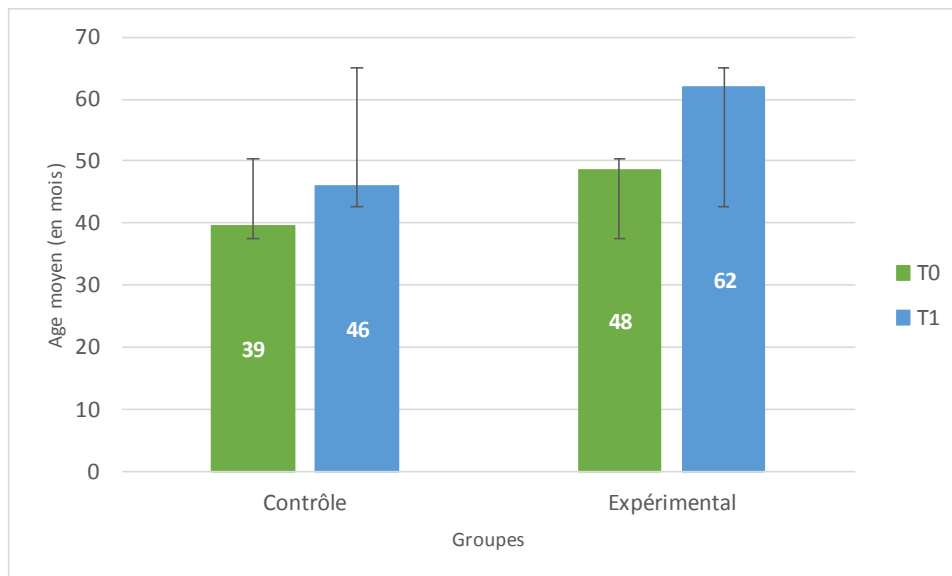


Figure 30. Age moyen en autonomie à T0 et T1 pour les deux groupes

Avec une moyenne de 39 mois à T0 ($ET = 22,33$) et de 46 mois à T1 ($ET = 26,74$) pour les enfants du groupe contrôle, et une moyenne de 48 mois à T0 ($ET = 31,81$) et de 62 mois à T1 ($ET = 35,01$) pour les enfants du groupe expérimental, l'analyse descriptive permet de constater une augmentation des performances grâce à l'année de travail. Les enfants avec TSA du groupe expérimental ont gagné en moyenne 14 mois en comparaison aux enfants du groupe contrôle qui ont gagné en moyenne 7 mois.

L'analyse des trajectoires individuelles permet d'identifier deux profils d'évolution. Le premier profil regroupe des enfants dont les performances ont progressé au cours des douze mois de suivi, ceci est illustré à la Figure 31 pour le groupe expérimental et à la Figure 32 pour le groupe contrôle.

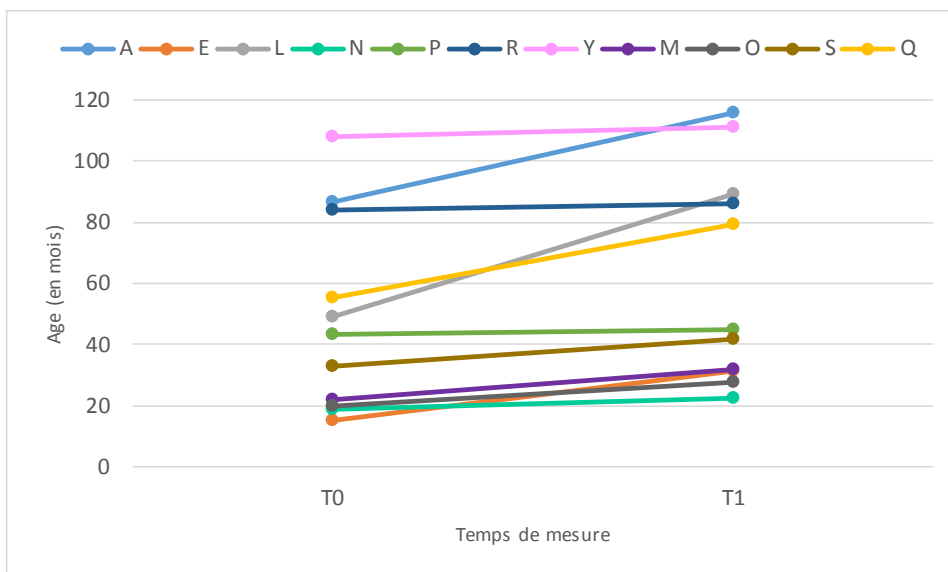


Figure 31. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en autonomie des enfants TSA du groupe expérimental

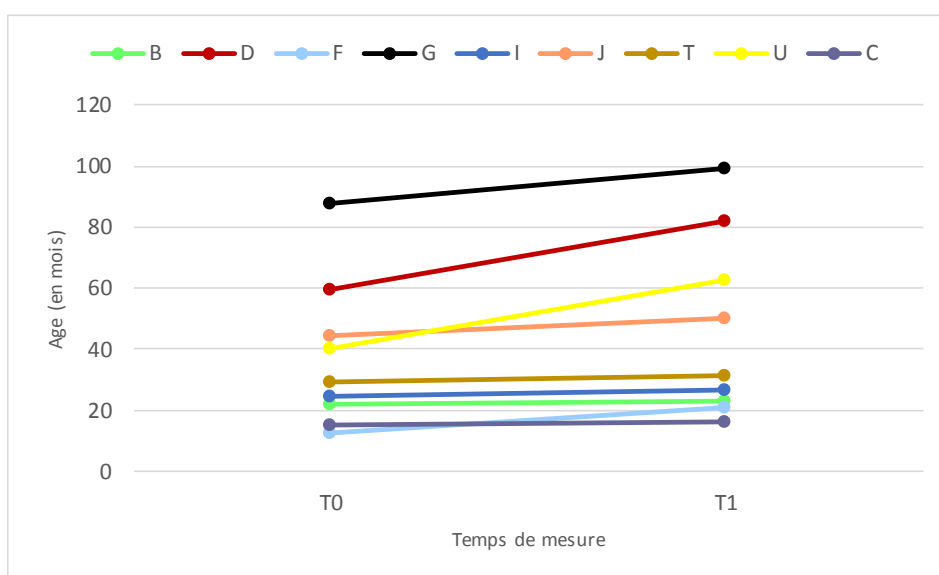


Figure 32. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en autonomie des enfants TSA du groupe contrôle

Dans le groupe expérimental, les 11 enfants (soit 100%) présentent ce profil. C'est le cas également de 9 enfants du groupe contrôle (soit 81%). L'analyse descriptive permet d'observer que les gains en performance entre T0 et T1 sont variables à l'intérieur des groupes. Concernant les enfants du groupe expérimental, les performances évoluent de façon importante pour la majorité du groupe puisque 7 d'entre eux présentent un gain en mois pouvant aller de 8 à 40 mois (O., S., M., E., Q., A. et L.). Seuls 4 d'entre eux manifestent une

évolution plus faible avec un gain de 2 à 4 mois (P., R., Y. et N.). Du côté des enfants du groupe contrôle, 4 d'entre eux présentent une évolution importante de 9 à 22 mois (F., G., D. et U.), et 5 une évolution plus faible de 1 à 6 mois (B., C., T., I. et J.).

Ces données nous permettent d'identifier, dans le domaine de l'autonomie, une évolution favorable pour l'ensemble des enfants du groupe expérimental, ainsi que pour la majorité des enfants du groupe contrôle. De plus, les gains en mois peuvent être très importants (jusqu'à 40 mois pour le groupe expérimental et 22 mois pour le groupe contrôle). A nouveau, à ce stade l'analyse prend en compte les données de l'ensemble du domaine « autonomie ». Lorsque l'on s'intéresse aux données par sous-domaine (personnelle, domestique et communautaire) on observe que, pour les enfants du groupe expérimental, cette évolution est particulièrement favorable concernant l'autonomie domestique (en moyenne, gain de 23 mois). Pour les enfants du groupe contrôle, l'évolution est favorable et similaire dans les domaines de l'autonomie personnelle et domestique (en moyenne, gain de 8 et 9 mois). Même si la plupart des enfants avec TSA de notre échantillon ont présenté de meilleures performances à la fin de l'année de travail dans le domaine de l'autonomie, les effets de l'intervention avec l'outil numérique semble être particulièrement importants puisque les enfants du groupe expérimental présentent des gains en mois supérieurs à ceux du groupe contrôle.

L'analyse des trajectoires individuelles permet d'identifier un second profil qui regroupe des enfants dont les performances ont régressé au cours du suivi. Celui-ci ne concerne que des enfants du groupe contrôle, comme illustré à la Figure 33.

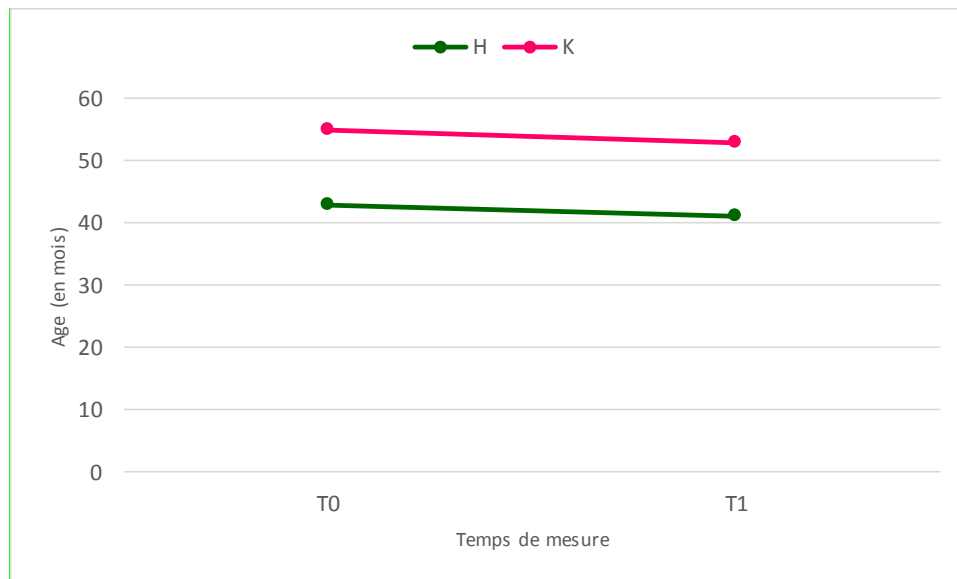


Figure 33. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en autonomie des enfants TSA du groupe contrôle

Deux des 11 enfants du groupe contrôle sont concernés par ce profil (soit 18%). En effet, H. et K. présentent une diminution de 2 mois de l'âge de fonctionnement adaptatif en autonomie. Afin de préciser l'analyse de ces trajectoires individuelles, nous avons également étudié les données par sous-domaine. Ceci nous a permis d'observer que cette diminution des performances concerne principalement l'autonomie domestique. Pour H. comme pour K., des besoins importants en autonomie personnelle ont été identifiés et ont ainsi été travaillés en priorité au cours de l'année de suivi. La légère régression des performances de ces enfants en autonomie domestique pourrait être expliquée par le fait que ce sous-domaine a été peu travaillé par rapport aux deux autres.

- *La socialisation*

Les données descriptives relatives à l'âge de fonctionnement adaptatif en socialisation des enfants avec TSA aux différents temps de mesure, au niveau individuel mais aussi au niveau du groupe expérimental et contrôle, sont présentées en Annexe 15). L'évolution de cet âge moyen au cours du suivi et en fonction du groupe est présentée à la Figure 34.

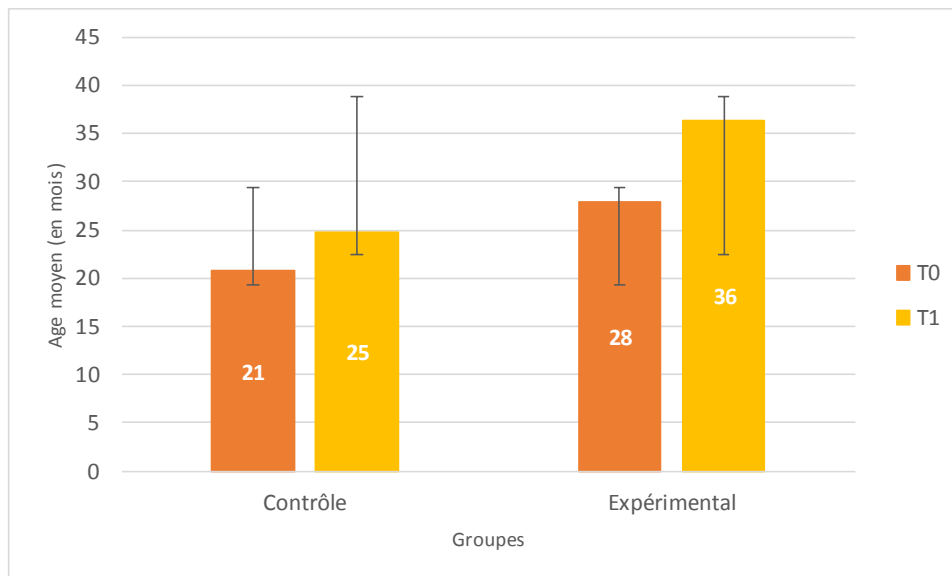


Figure 34. Age moyen en socialisation à T0 et T1 pour les deux groupes

Avec une moyenne de 21 mois à T0 ($ET = 9,55$) et de 25 mois à T1 ($ET = 14,32$) pour les enfants du groupe contrôle, et une moyenne de 28 mois à T0 ($ET = 13,88$) et de 36 mois à T1 ($ET = 24,60$) pour les enfants du groupe expérimental, l'analyse descriptive permet de constater une augmentation des performances grâce à l'année de travail. Les enfants avec TSA du groupe expérimental ont gagné en moyenne 8 mois en comparaison aux enfants du groupe contrôle qui ont gagné en moyenne 4 mois.

L'analyse des trajectoires individuelles permet d'identifier deux profils d'évolution. Le premier profil regroupe des enfants dont les performances ont progressé au cours des douze mois de suivi, ceci est illustré à la Figure 35 pour le groupe expérimental et à la Figure 36 pour le groupe contrôle.

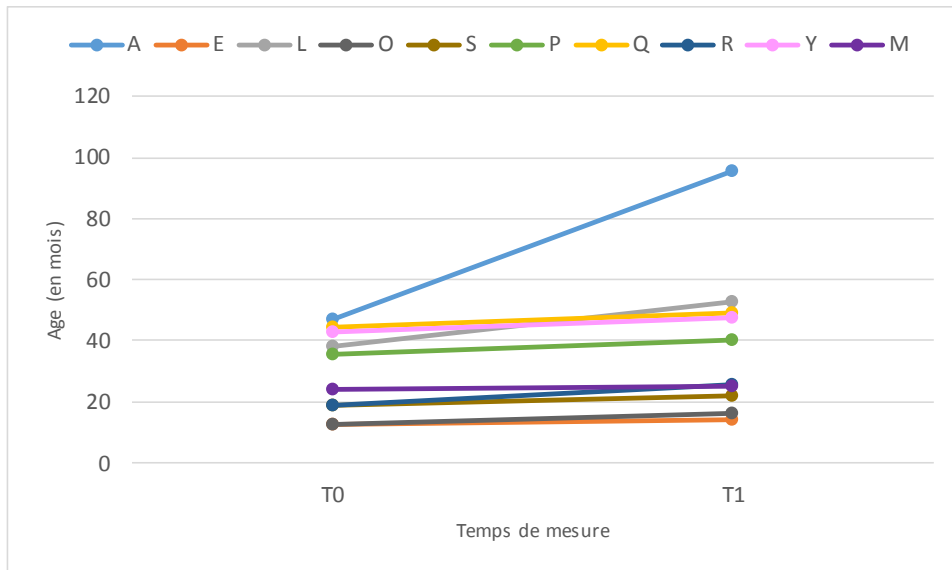


Figure 35. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en socialisation des enfants TSA du groupe expérimental

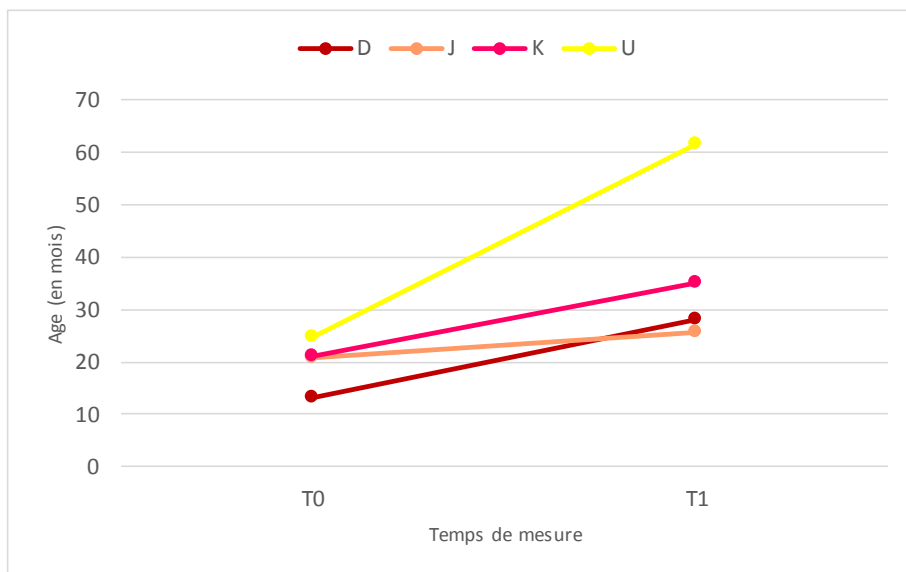


Figure 36. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en socialisation des enfants TSA du groupe contrôle

Dans le groupe expérimental, 10 enfants (soit 90%) présentent ce profil. C'est le cas également de 4 enfants du groupe contrôle (soit 36%). Dans le domaine de la socialisation, un nombre plus important d'enfants du groupe expérimental présente ce profil d'évolution favorable par rapport aux enfants du groupe contrôle. Cependant, le nombre d'enfants pour lesquels cette évolution s'est manifestée par un gain important en mois est similaire entre les deux groupes. En effet, l'analyse descriptive permet de constater que pour 3 enfants du groupe expérimental

(R., L. et A.) et 3 du groupe contrôle (K., D. et U.) le gain en mois varie respectivement de 7 à 49 mois et de 14 à 37 mois. Avec un gain en mois pouvant aller de 1 à 5 mois, 7 enfants du groupe expérimental (M., E., O., S., P., Q. et Y.) présentent une évolution moins importante. C'est le cas également d'un enfant du groupe contrôle (J.) dont les performances évoluent de 5 mois.

L'analyse des trajectoires individuelles permet d'identifier un second profil qui regroupe des enfants dont les performances ont stagné ou régressé au cours du suivi. Ceci est illustré à la Figure 37 pour le groupe expérimental et à la Figure 38 pour le groupe contrôle.

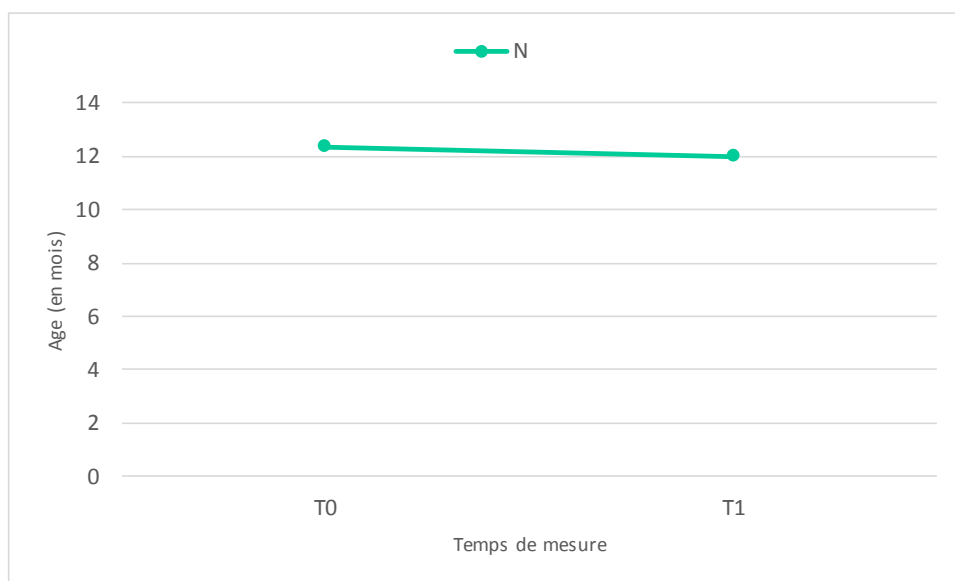


Figure 37. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en socialisation des enfants TSA du groupe expérimental

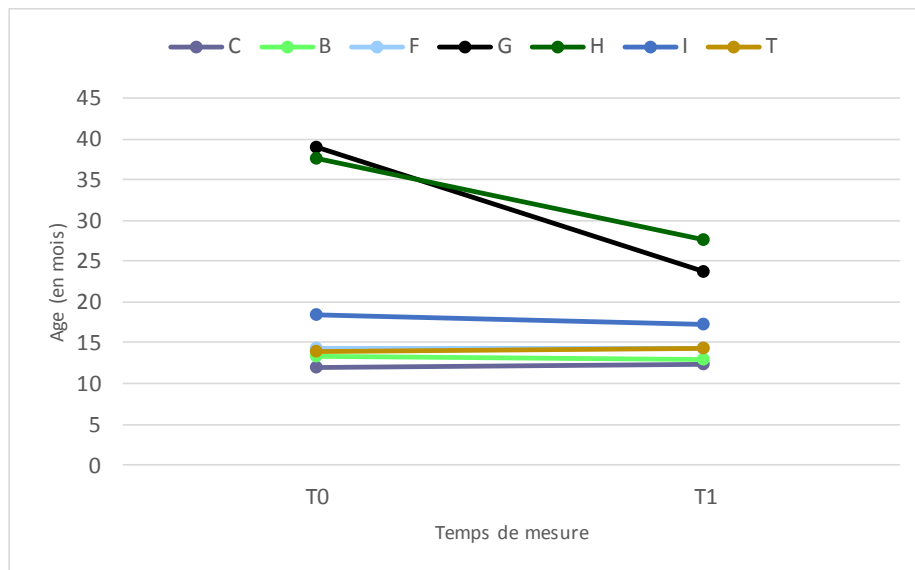


Figure 38. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en socialisation des enfants TSA du groupe contrôle

Seul 10%, c'est-à-dire un enfant du groupe expérimental (N.), est concerné par ce profil et présente une stagnation de ses performances entre T0 et T1. En revanche, 63% (soit 7 enfants sur les 11) du groupe contrôle présentent ce deuxième profil. Pour 4 d'entre eux (C., B., F. et T.), leurs performances ont stagné, alors que pour 3 d'entre eux (I., H. et G.), leurs performances ont diminué de 1 à 15 mois. Ces données nous permettent de constater qu'un nombre plus important d'enfants du groupe contrôle, par rapport au groupe expérimental, sont concernés par ce profil mais également qu'ils présentent une diminution importante de leurs performances. De plus, l'analyse descriptive des données par sous-domaine nous permet de constater que ces performances ont chuté à la fois pour les relations interpersonnelles, le jeu et les temps libres, mais aussi l'adaptation chez G. et H.

Les résultats globaux ont mis en évidence que les performances des enfants avec TSA travaillant avec l'outil numérique sont meilleures que celles des enfants avec TSA travaillant avec l'outil traditionnel, comme le montrent les scores obtenus à la VINELAND-II. Afin d'illustrer plus précisément ces résultats sur les scores globaux, nous avons mené une analyse descriptive sur les scores obtenus, par domaines de compétences (communication, autonomie et socialisation) évalués à la VINELAND-II. Dans les 3 domaines, les enfants du groupe expérimental présentent une évolution plus favorable que celle des enfants du groupe contrôle. Il semble donc que nous puissions dire que l'outil numérique favorise les

apprentissages chez les enfants avec TSA dans les domaines de la communication, de l'autonomie et de la socialisation.

En outre, l'analyse descriptive des trajectoires individuelles des enfants, avec l'identification de différents types de profils, nous a permis de préciser encore davantage leur évolution. On constate alors que, malgré la présence de différences interindividuelles dans les gains obtenus, les enfants du groupe expérimental se situent plus souvent dans le profil d'évolution attestant d'une augmentation des performances. De plus, leurs performances augmentent aussi plus que celles des enfants du groupe contrôle. Enfin, dans ces 3 domaines, et particulièrement en socialisation, les enfants du groupe expérimental sont encore plus particulièrement performant à T1 comparé aux enfants du groupe contrôle qui connaissent même des baisses ou des stagnations de leurs performances au terme de l'année de travail.

Afin d'apporter quelques éléments de réponse supplémentaires à notre hypothèse générale n°1 et d'illustrer les données des analyses statistiques et descriptives présentées précédemment, nous détaillerons ci-après la présentation de deux études de cas.

6.1.3. Illustrations à partir d'études de cas

B. appartenant au groupe contrôle (outil traditionnel) et **E.** au groupe expérimental (outil numérique). Ayant des profils relativement similaires (autisme sévère à la CARS-T et déficience intellectuelle sévère), nous comparerons leur évolution dans chacun des domaines de compétences (communication, autonomie et socialisation) afin d'illustrer l'effet de l'intervention numérique *versus* traditionnelle sur l'évolution de leurs performances.

B. est un petit garçon porteur de TSA âgé de 5 ans et 3 mois qui fréquente une Unité d'Enseignement Maternelle (UEM, dispositif spécialisé pour l'accompagnement d'enfants avec TSA allant de 3 à 6 ans). C'est dans ce cadre que je le rencontre, ainsi que ses parents. Nous échangeons sur l'objet de la recherche, et ces derniers souhaitent qu'il intègre le projet. Les discussions autour de la répartition des enfants dans les groupes de recherche expérimental et contrôle, les éléments de son projet individuel (mise en place d'un classeur de communication PECS notamment), et les retours de l'équipe professionnelle et des parents

nous amènent à l'intégrer dans le groupe contrôle. Il présente un retard de développement avec un profil hétérogène associé à des troubles du comportement. Il est considéré comme ayant un TSA sévère à la CARS-T (score total de 42,5 à T0) ainsi qu'un profil sensoriel atypique (notamment sur les modalités tactile, du goût et de l'odorat, et de l'énergie d'après le Profil sensoriel de Dunn).

E. est aussi un petit garçon porteur de TSA scolarisé en UEM et âgé de 4 ans et 4 mois. Ses parents sont également très intéressés pour qu'il puisse intégrer le projet recherche. Les échanges avec ces derniers, ainsi qu'avec l'équipe de professionnels qui le suit depuis 4 mois mettent en avant l'intérêt de l'utilisation d'une tablette tactile dans son projet individuel. Il est ainsi intégré au groupe expérimental. Tout comme B., il présente un retard de développement avec un profil hétérogène. Il est également considéré comme ayant un TSA sévère à la CARS-T (score total de 43 à T0) et un profil sensoriel atypique (notamment sur la modalité auditive et la recherche de sensations).

Avant de commencer notre accompagnement dans le cadre de cette recherche, nous réalisons, comme indiqué dans le design expérimental, trois évaluations : l'âge de fonctionnement adaptatif mesuré à la VINELAND-II, la sévérité d'autisme évaluée à la CARS-T, et le profil sensoriel mesuré à l'aide de la version abrégée du Profil sensoriel de Dunn. Ces évaluations nous permettent d'obtenir une ligne de base de leurs profils respectifs, mais aussi de définir des objectifs de travail, à partir des items de la VINELAND-II, en lien avec leur projet individuel d'accompagnement. Ces objectifs ainsi que les outils utilisés pour les travailler sont dans le Tableau 10.

Tableau 10. Objectifs de travail des compétences en communication, autonomie et socialisation pour les protocoles de B. et E.

Domaine (sous domaine)	N°	Objectif	Outil traditionnel (B.)	Outil numérique (E.)
<i>Communication (expressive)</i>	1	Dénommer 2 personnes	Photos et étiquettes-mots	Application Social Handy™
<i>Autonomie (personnelle)</i>	2	Se brosser les dents	Séquence visuelle papier	Application Séquence™

<i>Socialisation (jeu et temps libre)</i>	3	Jouer de façon coopérative avec un enfant	Jeux en double exemplaire	Application Puzzle™
---	---	---	------------------------------	---------------------

Nous choisissons de présenter l'évolution de B. et E. car leurs profils étant relativement proches, des objectifs similaires ont été travaillés tout au long de l'année, ce qui nous permet de comparer leur évolution respective afin d'illustrer les résultats quantitatifs et moyennés sur le groupe présentés précédemment. La Figure 39 illustre donc l'évolution des performances de B. et E. au T0 et au T1, dans les différents domaines travaillés.

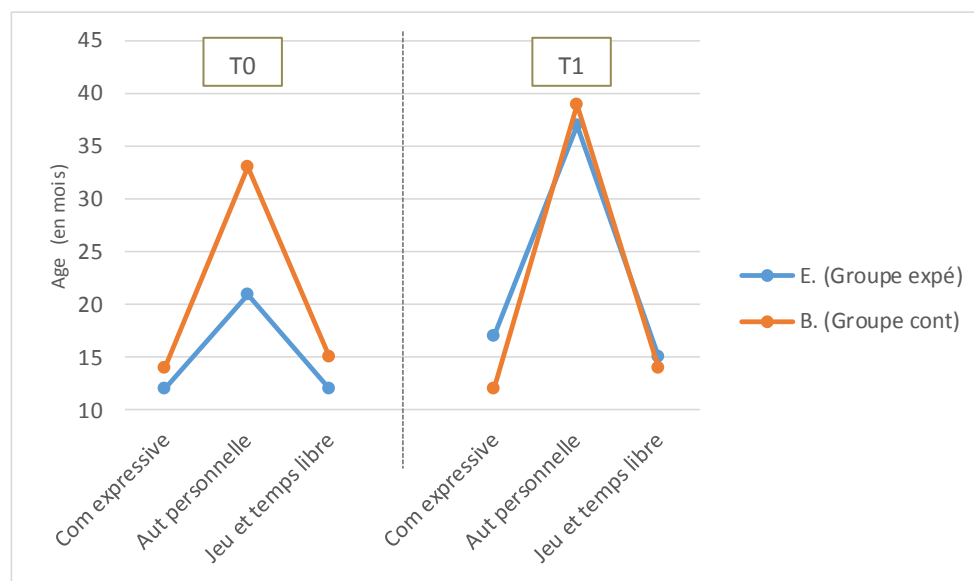


Figure 39. Ages de E. (groupe expérimental) et B. (groupe contrôle) dans 3 sous-domaines de la VINELAND-II à T0 et à T1

Pour B. comme pour E., pour travailler ces compétences nous nous sommes basés sur la technique d'apprentissage par essais distincts que préconise l'ABA (Applied Behavior Analysis). Elle est intéressante car elle peut être utilisée à tous les âges pour développer la plupart des compétences cognitives, sociales, de communication, de jeu ou encore d'autonomie. Cette dernière implique de décomposer la compétence à acquérir en plusieurs étapes, d'enseigner chaque étape jusqu'à sa maîtrise complète, d'avoir une pratique répétée sur une période de temps précise, de proposer de l'aide et d'estomper cette aide dès que possible, d'utiliser des procédés de renforcement (Leaf & MacEachin, 2012). Ces éléments, qui ont guidé notre accompagnement, seront décrits dans la présentation des stratégies

d'intervention auprès de B. et E. pour travailler leurs compétences en communication, autonomie et socialisation.

Dans le domaine de la **communication**, à T0, les évaluations de ces deux garçons ont mis en évidence un niveau faible concernant le domaine « communication expressive » (14 mois pour B. et 12 mois pour E.), ce qui signifie que ces enfants présentent des retards de développement des compétences langagières et interactives. A partir de leurs émergences, il a semblé intéressant de travailler la compétence : « Dis « pa-pa », « ma-ma » ou un autre nom pour désigner le parent ou la personne qui s'occupe de lui ». En effet, cette aptitude est attendue par l'entourage et la catégorie de contenu « début du langage » correspondant à leur âge de développement. Cette compétence attendue a donc été intégrée à leur programme d'accompagnement sous l'objectif de travail suivant : « Dénommer 2 personnes » (cf. Tableau 10). En fonction des outils utilisés, la stratégie d'enseignement diffère, et nous donnons quelques exemples de supports d'apprentissage utilisés pour chacun des deux enfants.

B. a travaillé cette compétence dans le cadre de séances structurées avec son éducatrice. Faisant partie du groupe contrôle, le matériel suivant a été utilisé : une photo de son père, de sa mère, et d'un arbre ; et des étiquettes-mots désignant « Papa », « Maman », et « Arbre ». Voici un exemple de matériel, dit « outil traditionnel » et donc sans tablette, qui a pu être utilisé auprès de B. (Figure 40). Afin de préserver l'anonymat des parents de B., ce sont bien évidemment des photos fictives qui ont été utilisées pour cet exemple.



Figure 40. Exemple de matériel utilisé pour travailler la communication avec B.

En référence à la technique d'apprentissage par essais distincts et afin de faciliter le développement des étapes nécessaires à la maîtrise de la compétence attendue, les apprentissages sont décomposés ainsi :

- (1) associer les photos identiques
- (2) associer les étiquettes-mots aux photos correspondantes
- (3) montrer la bonne photo, suite à la consigne de l'adulte (« Montre Papa »)
- (4) nommer la personne présente sur la photo, après la consigne de l'adulte.

Ces étapes ont pu être modifiées en fonction des besoins de l'enfant et des observations du professionnel suite à la mise en place du protocole. En fonction des besoins, une guidance gestuelle et/ou verbale peut être introduite par le professionnel et la compétence est systématiquement valorisée par un renforcement social (« Super ! », « Bravo ! », ou encore « Champion ! »). Les critères de réussite suivants ont été fixés pour déterminer le passage d'une étape à une autre : le comportement est réussi trois fois de suite, pendant trois semaines consécutives.

Concernant le travail de cette compétence par E. qui appartenait au groupe expérimental avec assistance numérique, nous avons utilisé la tablette tactile Amikeo et l'application Social Handy™ qui permet de travailler différentes compétences à partir d'une interface de jeu ludique en créant ses propres quizz par l'ajout de photos, de textes et de sons (Figure 41).

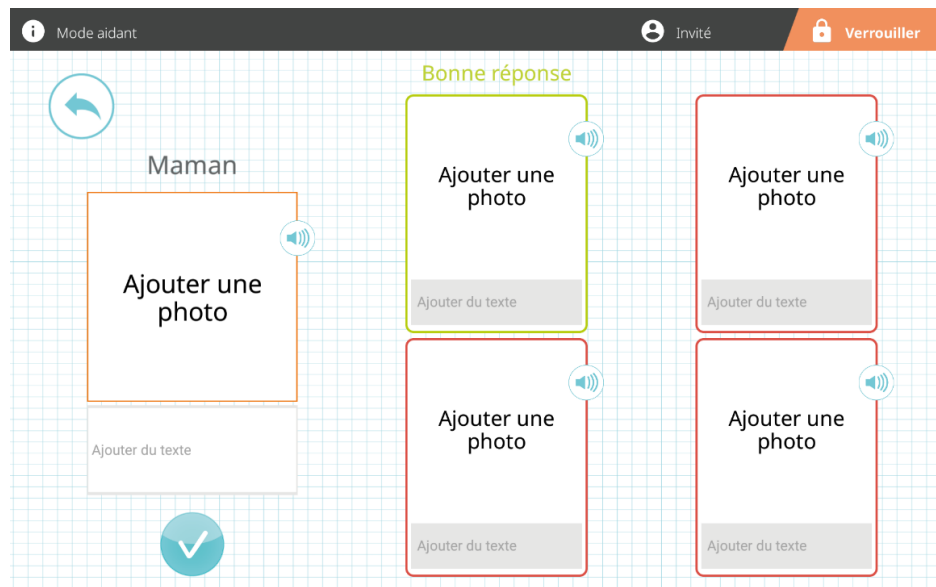


Figure 41. Quizz personnalisable sur l'application Social Handy™

Comme pour B., afin que E. puisse développer progressivement ses compétences, nous avons décomposé le travail en différentes étapes. Dans un premier temps, associer les photos identiques, puis montrer la bonne photo, et enfin nommer la personne présente sur la photo. Voici ci-dessous un exemple de quizz qui a pu être utilisé pour travailler l'étape « Montrer la bonne photo suite à la consigne » (Figure 42) :

- à gauche du quizz (ce qui correspond à la consigne) ajout d'une photo de la maman d'E., en dessous se trouve la consigne écrite « Montre Maman », et le son correspondant prononcé par la synthèse vocale
- à droite du quizz (ce qui correspond aux propositions de réponse) ajout d'une photo de la maman d'E. (réponse attendue) et de 3 autres possibilités de réponse (réponses fausses) composées d'une photo, du texte et du son correspondants.

A nouveau, afin de préserver l'anonymat des parents de E., ce sont des photos fictives (ici des acteurs) qui ont été utilisées pour cet exemple.

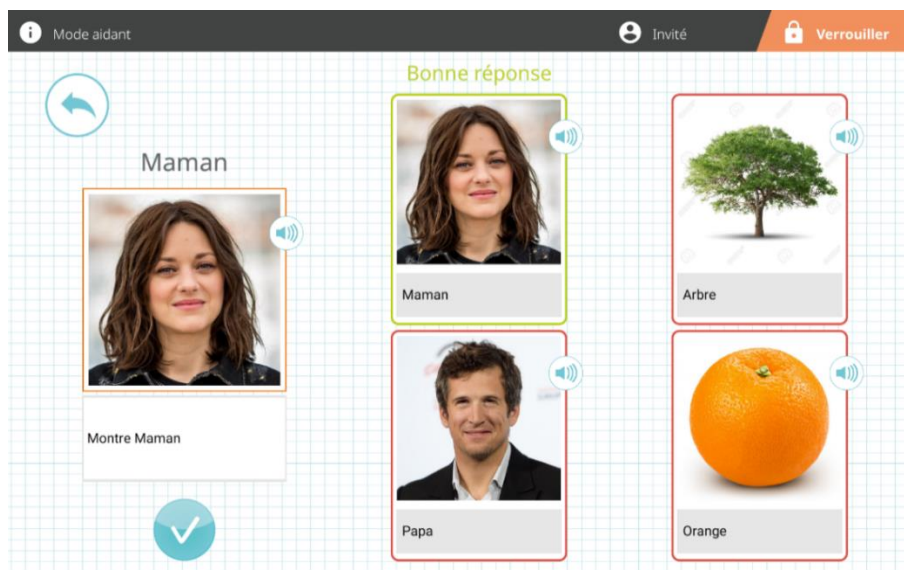


Figure 42. Exemple de quizz créé pour travailler l'objectif en communication de E. sur l'application Social Handy™

Le quizz est ensuite présenté à E. selon 3 niveaux : niveau 1, seules deux réponses sont proposées (Figure 43) ; niveau 2, trois réponses sont proposées ; niveau 3, quatre réponses sont proposées.

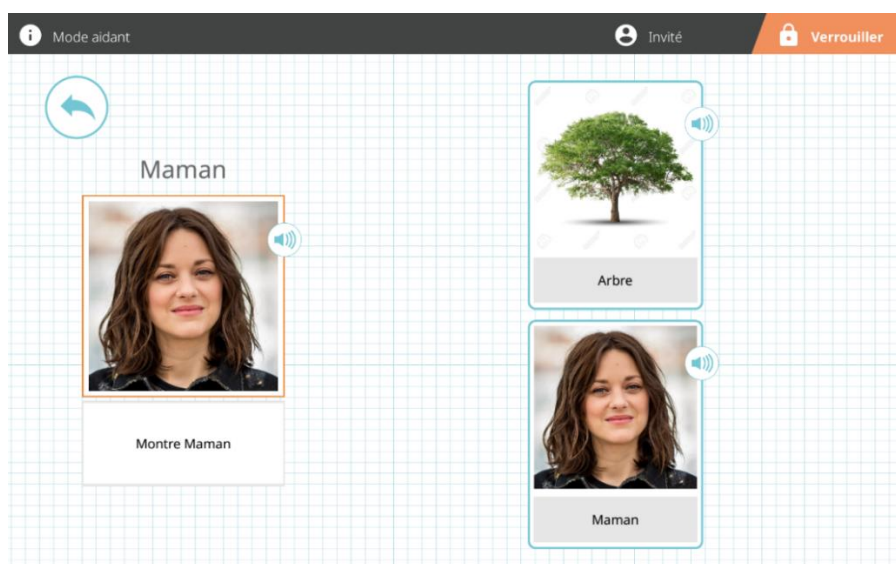


Figure 43. Exemple de quizz niveau 1 présenté à E. sur l'application Social Handy™

En fonction des besoins, une guidance gestuelle et/ou verbale peut être introduite par le professionnel et la compétence est systématiquement valorisée via la tablette, par un renforcement social après chaque quizz (applaudissements) et sensoriel à la fin de l'ensemble des quizz (flèches colorées à manipuler par un pointé). Les critères de réussite sont les mêmes que ceux fixés pour B., à savoir : réalisation du comportement trois fois de suite, pendant trois semaines consécutives.

A la suite de ces séances de travail auprès de B. et E., quelle est l'évolution de leurs performances en communication expressive ? L'évaluation à T1 en comparaison à l'évaluation à T0 ainsi que l'analyse descriptive de ces données ont permis de mesurer un effet bénéfique de l'utilisation de l'outil numérique sur l'évolution des performances, contrairement à l'outil traditionnel. En effet, on observe une augmentation des compétences pour E. (avec un gain de 5 mois : 12 mois à T0 par rapport à 17 mois à T1), ce qui n'est pas le cas pour B. (perte de 2 mois : 14 mois à T0 par rapport à 12 mois à T1) (Figure 44).

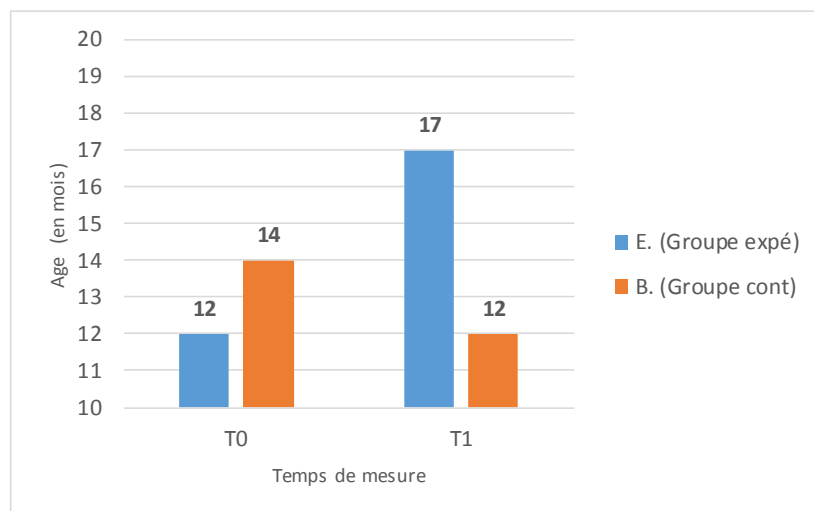


Figure 44. Ages de E. (groupe expérimental) et B. (groupe contrôle) en communication expressive à T0 et à T1

L'intérêt supérieur de l'interface de jeu proposé par l'application Social Handy™ a pu favoriser la motivation et l'attention de E. lors des séances de travail, contrairement à l'utilisation des photos et étiquettes-mots moins stimulantes pour B. Ceci se retrouve dans les commentaires laissés par les professionnels à la suite des séances de travail : « E. prend plaisir à cliquer sur la mauvaise réponse avant de cliquer sur la bonne réponse ». On comprend ici qu'il y a une

notion de plaisir pour E. à travailler avec ce support. L'utilisation de la synthèse vocale de l'application semble également avoir été pertinente et facilitante pour le développement de cette compétence langagière. En effet, dès les premières étapes de travail autour de cet objectif, l'utilisation de la synthèse vocale permet à E. d'entendre les mots « Papa » et « Maman » à plusieurs reprises, dont la prononciation et l'intonation sont strictement les mêmes à chaque répétition, ce qui lui permet d'apprendre et d'intérioriser la prononciation de ces mots pour les verbaliser ensuite lui-même. Dans les fiches « séances de travail » remplies par les professionnels à la suite de chaque accompagnement, on trouve très rapidement des commentaires qui vont dans ce sens : « *E. dit « Papa » et « Maman » dès que la photo apparaît sur Social Handy™ !!!! Il choisit la bonne image à associer en verbalisant !* ». Pour B., l'apprentissage des premières étapes (notamment le fait d'associer deux éléments identiques et de montrer la bonne personne) semble s'être déroulé sans trop de difficulté. Cependant, l'apprentissage autour de la verbalisation des deux mots attendus semble avoir été plus compliqué. Pour cet enfant, cet apprentissage s'est fait par l'intermédiaire du professionnel qui ne peut manifester le même degré de régularité que l'outil informatique. L'apprentissage indirect de ces mots et leur prononciation peut ainsi être plus difficile auprès du professionnel, ou du moins nécessiter plus de temps. Quelques commentaires des professionnels à la suite des séances de travail semblent aller dans ce sens : « *B. reconnaît sa maman sur la photo. Il n'a pas de réelle attention à ma vocalisation de « Maman » et « Papa ».* *B. s'occupe des photos sans s'intéresser à moi* » ; « *B. apparie les photos sans erreur. Il met les étiquettes avec aide, mais il n'y a pas de vocalisation* ».

Observons ensuite l'évolution des performances de B. et E. concernant le domaine de l'**autonomie**. Les évaluations à T0 ont permis d'identifier un faible niveau en autonomie personnelle pour ces deux enfants, même si B. présente un âge relativement supérieur à E. (33 mois pour B. et 21 mois pour E.). Ceci signifie qu'ils présentent des difficultés pour prendre soin d'eux, au niveau de l'alimentation, de l'habillement, ou encore de l'hygiène. Par rapport à leur projet individuel, une compétence, appartenant à la catégorie de contenu « Soigner son apparence » a semblé intéressante à travailler : « Se brosser les dents ». Elle a donc été intégrée au programme d'accompagnement pour l'année d'étude. A nouveau, la stratégie

d'enseignement a différé pour E. avec une tablette tactile et pour B. avec un support visuel papier.

Ainsi, l'apprentissage du brossage des dents par B. a été réalisé dans le cadre de situations naturelles (par exemple : après le déjeuner). Pour le matériel, des séquences visuelles papier ont été utilisées et positionnées à côté de l'évier où B. se brosse les dents. Voici ci-dessous un exemple de séquence visuelle en 10 étapes qui a pu être utilisée avec B. (Figure 45). Un sablier pouvait également être utilisé afin d'aider B. à réaliser les étapes en un temps précis.



Figure 45. Exemple de matériel utilisé pour travailler l'objectif en autonomie de B.

Nous avons également décomposé le travail afin qu'il puisse acquérir progressivement la compétence attendue. Par exemple, les étapes de travail ont pu être les suivantes :

- (1) B. réalise les étapes 1 à 5 avec guidance totale
- (2) B. réalise les étapes 1 à 5 avec guidance partielle
- (3) B. réalise les étapes 1 à 5 sans guidance
- (4) B. réalise les étapes 1 à 10 avec guidance totale
- (5) B. réalise les étapes 1 à 10 avec guidance partielle

(6) B. réalise les étapes 1 à 10 sans guidance

Afin d'aider B. dans la réalisation de ces différentes étapes, une guidance physique ou encore visuelle a pu être proposée en se brossant les dents avec lui afin de favoriser des comportements d'imitation. A nouveau, chaque comportement est valorisé par un renforcement social tel que « Super ! » ou « Bravo ! ». Les critères de réussite permettant de déterminer le passage d'une étape à une autre est le même que pour la communication, c'est-à-dire : réussite du comportement trois fois de suite, sur trois semaines consécutives.

Cette compétence a également été travaillée auprès de E. La stratégie mise en place pour accompagner E. dans le développement de cette compétence est sensiblement la même que celle utilisée auprès de B., mais avec E., nous utilisons l'application Séquence™ sur tablette tactile. Cette application permet de décomposer une tâche en une succession d'étapes afin de guider l'utilisateur dans sa réalisation. Chaque étape est représentée par une image ou une vidéo et une consigne textuelle et sonore et l'ensemble de ces éléments peuvent être personnalisés (Figure 46).

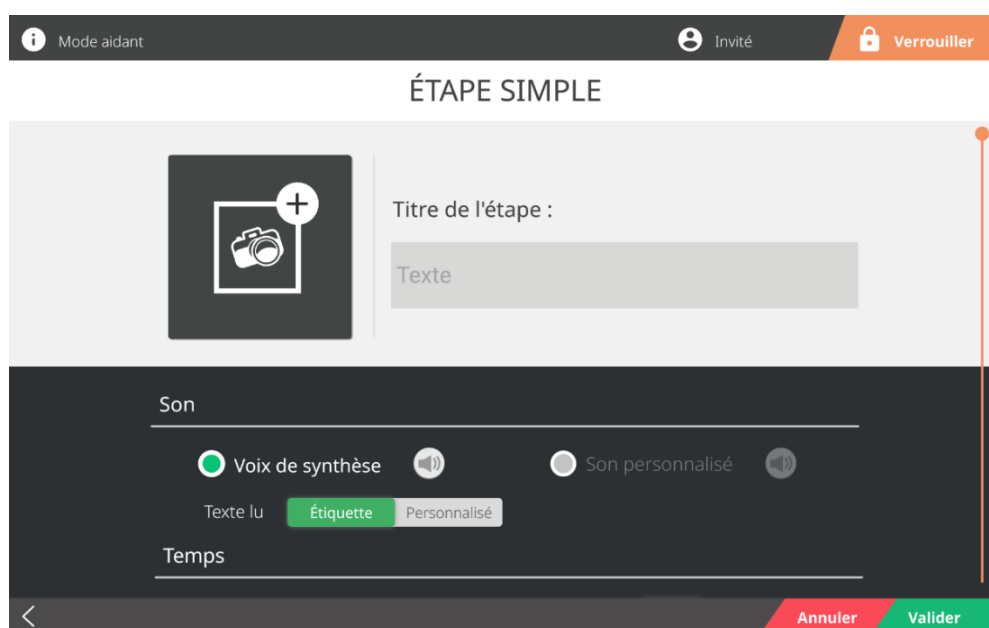


Figure 46. Créer une étape sur l'application Séquence™

Une séquence personnalisée a ainsi été créée pour E., c'est-à-dire que les étapes sont représentées par des photos ou des vidéos du matériel utilisé habituellement par E. (sa brosse

à dent, son dentifrice, dans sa salle de bain, etc.). Afin que E. puisse développer progressivement ses compétences, le travail a également été décomposé en différentes étapes, comme cela a été le cas pour B. (réalisation des étapes avec guidance totale, puis guidance partielle, et enfin sans guidance). Voici ci-après, un exemple de séquence que E. pouvait être amené à suivre pour réaliser le brossage des dents (Figure 47). Lorsque E. a terminé de réaliser une étape, il appuie sur la flèche verte. Cette dernière est barrée et il peut passer à l'étape suivante. Si besoin, il peut revenir à une étape précédente. Un timer peut aussi être introduit à l'intérieur d'une étape pour l'aider à définir le temps de réalisation de cette tâche.



Figure 47. Exemple de séquence présentée à E. sur l'application Séquence™

A nouveau, chaque comportement est valorisé via la tablette, par un renforcement après chaque étape et à la fin de la réalisation de la séquence. Les critères de réussite permettant de déterminer le passage d'une étape à une autre est le même que pour la communication, c'est-à-dire : réalisation du comportement trois fois de suite, sur trois semaines consécutives.

Suite à ce travail réalisé avec les éducateurs, quelle est l'évolution des performances de B. et E. en autonomie personnelle ? L'évaluation à T1 en comparaison à l'évaluation à T0 ainsi que l'analyse descriptive de ces données ont permis de mesurer un effet très bénéfique de l'utilisation de l'outil numérique sur l'évolution des performances, contrairement à l'outil

traditionnel. En effet, on observe une forte augmentation des compétences pour E. (avec un gain de 16 mois : 21 mois à T0 par rapport à 37 mois à T1), ce qui n'est pas le cas pour et une faible augmentation des compétences pour B. alors que celui-ci était plus performant à T0 (avec un gain de 6 mois : 33 mois à T1 par rapport à 27 mois à T0) (Figure 48).

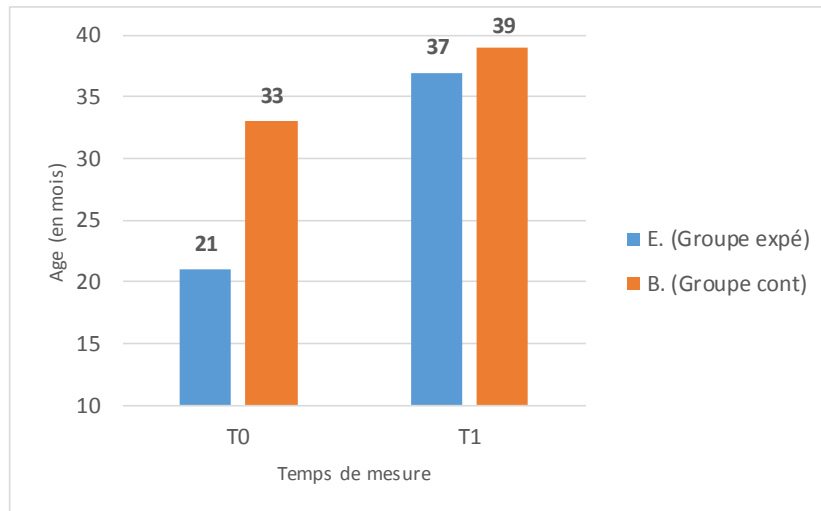


Figure 48. Ages de E. (groupe expérimental) et B. (groupe contrôle) en autonomie personnelle à T0 et à T1

Bien sûr que l'effet attractif et ludique de la tablette semble supérieur à celui de l'outil traditionnel et favoriserait la motivation et l'attention de E. Ceci se retrouve d'ailleurs dans les commentaires des professionnels : « *E. se concentre sur les images ; Il prend plaisir dans plusieurs petites actions* », contrairement à B. où l'on observe ce type de commentaires : « *B. n'est pas motivé et ne brosse pas vraiment ; B. se brosse les dents, puis se lasse malgré mes encouragements* ». Mais, l'atout principal de cet outil numérique semble être la possibilité d'adapter et de personnaliser la séquence aux besoins et au contexte de travail de E. en prenant directement en photo ou en vidéo son environnement. De plus, le fait de pouvoir personnaliser la séquence à partir de l'intégration de vidéo semble être très intéressant pour développer ce type de compétence. En effet, pouvoir suivre et reproduire des vidéo présentant les étapes à réaliser semble être très parlant et très concret pour E. L'aspect dynamique du tutoriel est aidant et facilitant et cela lui permet de reproduire correctement les gestes en imitant ce qu'il observe à l'écran. Ce qui est tout à fait intéressant car Nadel (2014) indique que les enfants avec TSA peuvent pleinement utiliser l'imitation comme

fonction d'apprentissage, c'est ce que l'on appelle l'apprentissage par observation. « E. regarde les images pour faire pareil. Il reprend en vocalisant les intonations de la voix de la tablette. Beaucoup de progrès dans l'enchaînement de la séquence et dans le suivi des consignes ». La guidance de l'adulte semble alors moins nécessaire, ce que l'on n'observe pas auprès de B. Ce dernier semble avoir besoin de plus de guidance de la part du professionnel : « *Guidance totale pour les derniers gestes. Pas encore de brossage efficace* ».

Enfin, nous avons comparé l'évolution des performances de B. et E. en **socialisation**. Les évaluations à T0 ont permis d'identifier un faible niveau pour le jeu et la gestion du temps libre pour ces deux enfants (15 mois pour B. et 12 mois pour E.). Ceci signifie qu'ils présentent des difficultés de comportements pendant le jeu, pour partager et coopérer, ou encore pour reconnaître les codes sociaux. Dans ces évaluations, nous avons identifié que des compétences telles que « Jouer à des jeux interactifs simples avec d'autres » ou « Jouer de façon coopérative avec un ou plusieurs enfants » appartenant à la catégorie de contenu « Jouer » sont en émergence. Ces dernières étant en cohérence avec le projet individuel de B. et E. nous les avons intégrées à leurs programmes d'accompagnement sous l'objectif suivant : « Jouer de façon coopérative avec un pair ». Voici ci-dessous la description des stratégies d'enseignement proposées pour B. et E.

L'accompagnement qui a été proposé à B. s'est déroulé dans le cadre de séances de travail en groupe ou bien pendant les temps libre et la récréation. Le matériel utilisé correspond à des puzzles simples ou à encastres allant de 3 à 9 pièces. En référence aux travaux de Nadel, nous utilisons ce matériel en double exemplaire afin de favoriser les comportements d'imitation. Nadel (2014) a en effet montré que l'imitation peut aussi être utilisée en tant que fonction de communication. L'utilisation d'objets en double exemplaire (quand les individus sont deux dans la pièce) permet de différencier quand l'enfant utilise l'objet comme intermédiaire social (pour montrer ou demander par exemple) ou quand l'objet est identique, ce qui suppose que l'imitation est support de l'interaction. Nadel a montré que l'utilisation d'objets identiques occupent jusqu'à 70% du temps des séances, mais aussi que l'imitation a deux facettes : imiter et être imité. Les enfants avec TSA alternent les rôles, réalisant ainsi un tour de rôle. L'utilisation d'objets en double exemplaire favorisant les comportements d'imitation comme

support de l'interaction, mais aussi le développement de compétences comme le tour de rôle, nous nous sommes basés sur ces travaux pour définir notre stratégie d'intervention auprès de B. Voici ci-après une illustration du matériel ayant pu être utilisé (Figure 49). B. était en binôme auprès d'un autre enfant de l'UEM pour lequel il était intéressant de travailler cet objectif.



Figure 49. Exemple de matériel utilisé pour travailler un des objectifs en socialisation avec B.

Afin d'atteindre l'objectif « jouer de façon coopérative », il nous a semblé essentiel de passer par certaines étapes comme le fait d'être à côté d'un pair, de partager un jeu, d'échanger un élément, de respecter la règle du tour de rôle, et enfin d'avoir une interaction :

- (1) B. joue « à côté » d'un autre enfant en ayant chacun son support de jeu
- (2) B. joue « à côté » d'un autre enfant en partageant le même support de jeu
- (3) B. échange un élément du jeu avec son camarade (pièce du puzzle)
- (4) B. intègre la règle du tour de rôle
- (5) B. établit une interaction ludique avec son camarade

Cette proposition a bien entendu pu être modifiée en fonction des besoins de B. A chacune de ces étapes, la guidance de l'adulte peut être nécessaire, et celle-ci sera estompée progressivement. Le professionnel valorise chaque comportement par un renforcement social tel que « Super ! » ou « Bravo ! ». Celui-ci suppose de passer d'un sous-objectif à un autre lorsque le comportement est réalisé trois fois de suite, pendant trois semaines consécutives.

Nous avons également accompagné E. pour le développement de cette compétence. Pour cela, le support de jeu proposé a été l'application Puzzle TM sur tablette tactile. Cette application est conçue pour apprendre à jouer, en construisant un puzzle pas à pas, avec plus de 20 images d'animaux à disposition et la possibilité de personnaliser chaque puzzle en ajoutant des images (Figure 50). Cette fois-ci, le binôme constitué pour travailler cet objectif était composé de E. et d'un autre enfant de l'UEM.

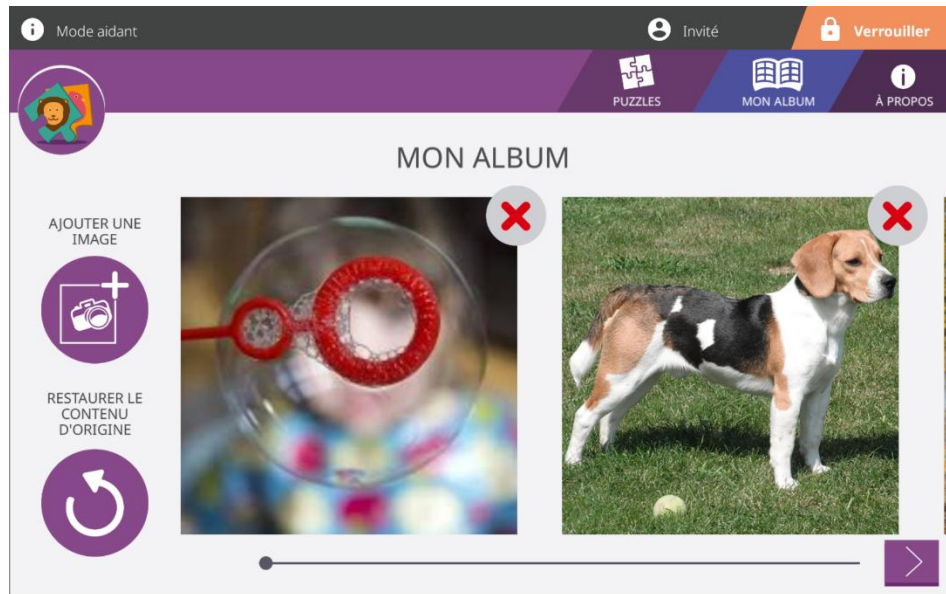


Figure 50. Créer un puzzle sur l'application Puzzle TM

Des puzzles ont été créés à partir d'images qui plaisent à E. afin de favoriser son attention et sa motivation. Pour travailler la compétence attendue, les mêmes étapes que celles réalisées auprès de B. ont été utilisées pour E. Voici ci-après un exemple de puzzle qui a pu être élaboré avec E. lors des séances de travail (Figure 51).

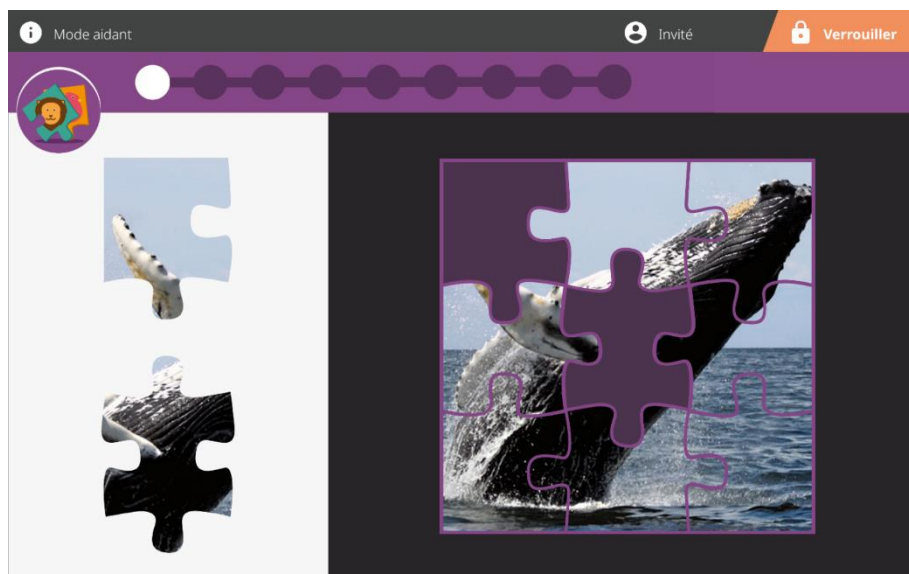


Figure 51. Exemple de puzzle présenté à E. sur l'application Puzzle TM

Pour B. comme pour E., l'objectif ici n'est pas nécessairement la bonne réalisation du puzzle, mais la manifestation de comportements de jeu avec un pair par l'intermédiaire de ce support et donc les capacités de l'enfant à initier des conduites sociales vis-à-vis de l'autre. A chacune de ces étapes, la guidance de l'adulte peut être nécessaire, et celle-ci sera estompée progressivement. Lors de son apprentissage, E. est valorisé par un renforcement présenté sur l'application après chaque puzzle réussi et à la fin de l'ensemble de la tâche. Le professionnel qui l'accompagne passe d'un sous-objectif à un autre à partir des critères de réussite suivants : lorsque le comportement est réalisé trois fois de suite, pendant trois semaines consécutives.

A la fin de l'année de travail avec ces deux enfants, quelle est l'évolution de leurs performances concernant le jeu et la gestion du temps libre ? L'évaluation à T1 en comparaison à l'évaluation à T0 ainsi que l'analyse descriptive de ces données ont permis d'identifier un léger effet bénéfique de l'utilisation de l'outil numérique sur l'évolution des performances. En effet, on observe une légère augmentation des performances pour E. (avec un gain de 3 mois : 15 mois à T1 par rapport à 12 mois à T0), ce qui n'est pas le cas pour B. (avec des performances quasi égales aux deux temps : 14 mois à T1 par rapport à 15 mois à T0) (Figure 52).

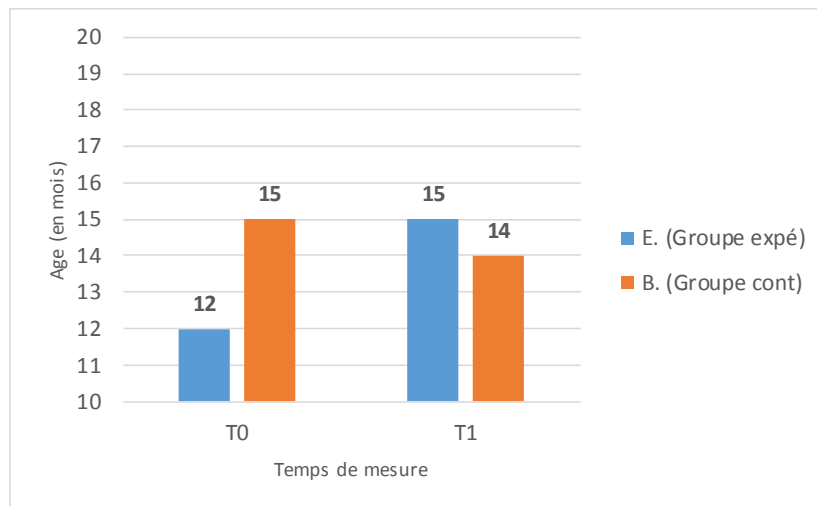


Figure 52. Ages de E. (groupe expérimental) et B. (groupe contrôle) en jeu et temps libre à T0 et à T1

Leurs faibles compétences dans ce domaine nécessitent *de facto* plus de travail et un ajustement plus complexe, ce qui explique une faible évolution dans ce domaine pour ces deux enfants. Les propos des professionnels accompagnant B. et E. semblent illustrer cette idée : « B. ne respecte pas le tour de rôle si l'adulte n'intervient pas. On bute sur sa problématique « moi d'abord, moi toujours ». B. préfère jouer seul » ; « E. aime bien éteindre la tablette quand c'est au tour de son camarade de jouer ». Afin de favoriser le développement de ces compétences, il semble essentiel de proposer à ces enfants un outil motivant pour faciliter leur engagement dans la tâche. Dans cette optique, en comparaison à l'outil traditionnel, l'outil numérique semble tout de même avoir un effet positif puisque l'on observe une légère progression chez E. face à une stagnation des performances chez B. En outre, cet objectif a été travaillé en binôme avec un pair qui présente également ce type de difficultés, ce qui ne doit pas faciliter les comportements positifs pour interagir. Il aurait peut-être été plus pertinent de les associer à un pair ou à un adulte qui présente un niveau d'adaptation plus élevé en « jeu et temps libre » afin de stimuler le développement de leurs compétences. Ceci a été décrit par Bruner (1983) qui souligne l'importance d'une personne plus avancée pour le développement des compétences de l'enfant. D'après lui, la plupart des « savoir-faire » acquis par l'enfant au cours de son développement sont le fruit d'une situation de tutorat au cours de laquelle des personnes plus expertes essaient de l'amener à trouver la solution d'un problème qu'il n'aurait pas réussi à résoudre seul (Bruner, 1983). Cette

interaction entre l'expert et le novice est sous-tendue par le concept d'étayage. D'après lui, l'expert doit « prendre en main des éléments de la tâche qui excèdent initialement les capacités du débutant, lui permettant ainsi de concentrer ses efforts sur les seuls éléments qui demeurent dans son domaine de compétence et de les mener à terme » (1983, p. 263). Ce type de relation de tutelle aurait pu davantage favoriser le développement des compétences de E. et B. dans le domaine de la socialisation.

A travers la présentation de ces deux études de cas, B. et E., nous avons voulu illustrer très concrètement les effets bénéfiques de l'utilisation d'un outil numérique en comparaison à un outil traditionnel sur l'évolution des performances de ces deux enfants porteurs de TSA et ayant des profils assez proches au début de l'étude. La description détaillée des stratégies d'intervention pour chacun des objectifs de travail nous a également permis de préciser ces effets. Ainsi, l'utilisation de la synthèse vocale proposée par l'application sur tablette tactile semble favorable au développement de compétences en communication. L'utilisation d'un tutoriel dynamique par la présentation de vidéo à reproduire semble aussi faciliter grandement l'autonomie. Nous pouvons supposer que les effets favorables du numérique observés ici auraient été encore plus importants en socialisation si nous avions mis en place une relation de tutelle entre E. et un adulte expert au lieu d'un pair. Mais l'un des aspects qui semble avoir particulièrement favorisé le développement des compétences de E. à la suite de l'utilisation de l'outil numérique est la possibilité de personnaliser l'outil pour que son contenu s'adapte aux besoins de son utilisateur. L'ensemble des applications AMIKEO dispose de cette fonctionnalité, mais l'effet semble avoir été particulièrement important en autonomie avec l'application Séquences TM. Cette application est-elle de meilleure qualité ? Si oui, la qualité d'un outil numérique, ici les applications AMIKEO, a-t-elle un lien avec l'évolution des performances des enfants avec TSA ? Nous tentons de répondre à cette question dans la partie suivante.

6.2. Effet de la qualité de l’outil numérique sur le gain de performances des enfants avec TSA

6.2.1. Statistiques inférentielles

Pour rappel, afin de tester les effets de la qualité des applications AMIKEO utilisées au cours de l’année d’étude sur le gain de performances des enfants avec TSA, nous avons réalisé une évaluation heuristique de ces applications à l’aide de l’AutismGuide (cf. méthodologie décrite au point 2.2. Design expérimental, p.137). Les analyses qui suivent ont été réalisées sur les données recueillies auprès des enfants du groupe expérimental. Une stratégie comparable à celle présentée pour tester la première hypothèse a été adoptée. Un LMM a en effet été réalisé. La variable dépendante de ce modèle est le score des enfants à T1 obtenus à la VINELAND-II (c’est-à-dire les scores aux 9 sous-domaines et aux 3 domaines). Les variables indépendantes sont : le score des enfants à ces épreuves à T0, la qualité de l’application utilisée, et l’interaction entre ces 2 variables. De cette manière, il était possible d’estimer si la qualité de l’application utilisée favorisait l’amélioration des compétences de T0 à T1, et si cet effet dépendait du niveau initial des enfants. Pour les mêmes raisons que pour le précédent LMM, un intercept aléatoire par type de score recueilli et par participant est aussi inclus dans le LMM¹¹.

Comme pour la précédente hypothèse, avant de réaliser le LMM, les scores des enfants ont été centrés et réduits au niveau de chaque type de score (par ex. : première épreuve de la VINELAND-II, 2^{ème} épreuve de la VINELAND-II).

Les résultats du modèle décrit ci-dessus sont présentés dans le Tableau 11. Contrairement à ce qui était attendu, la qualité de l’application utilisée n’a pas exercé d’effet statistiquement significatif sur l’augmentation des scores des enfants avec TSA de T0 à T1 ($b = 0,02$; $p = 0,71$). Son interaction avec le niveau initial n’était, lui aussi, pas significatif ($b = 0$, $p = 0,95$). Ceci signifie que, les enfants avec TSA ayant utilisé des applications dites de

¹¹ Exprimé à l’aide de la notation de Wilkinson et Rogers (1973) pour les modèles linéaires, le modèle est : Score à T1 \sim 1 + Qualité de l’application * Score à T0 + (1 | type d’épreuve) + (1 | participant)).

« meilleure » qualité n’ont pas présenté des performances supérieures à celles des enfants ayant utilisé des applications de « moindre » qualité. **Notre hypothèse générale n°2 n’est pas validée.**

Tableau 11. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le second LMM réalisé

Variable	b	SE	p
(Intercept)	0,26	0,18	0,154
Scores T0	0,59	0,07	0
Application	0,02	0,05	0,711
Scores T0 * Application	0	0,06	0,948

Les analyses statiques réalisées précédemment ne nous ont pas permis d’établir d’effet statistiquement significatif entre la qualité des applications et les progrès des enfants avec TSA. Néanmoins, dans la continuité de notre démarche exploratoire, nous avons cherché des éléments de réponse à ce sujet à travers l’étude de deux enfants.

6.2.2. Illustrations à partir d’études de cas

A travers **M.**, nous illustrerons les liens entre une application AMIKEO (Voice TM) évaluée comme étant « excellente » par rapport aux recommandations de l’AutismGuide et les performances de M. en communication expressive. A travers **Q.**, nous illustrerons les liens entre une application AMIKEO (Autimo TM) évaluée comme étant « mauvaise » par rapport aux recommandations de l’AutismGuide et les performances de Q. en relations interpersonnelles. Pour rappel, la méthodologie d’évaluation des applications à l’aide de l’AutismGuide est présentée au point 2.2 Design expérimental p.139.

A nouveau (comme pour B. et E.), pour travailler ces compétences nous nous sommes basés sur la technique d’apprentissage par essais distincts que préconise l’ABA et qui implique de décomposer la compétence à acquérir en plusieurs étapes, d’enseigner chaque étape jusqu’à sa maîtrise complète, d’avoir une pratique répétée sur une période de temps précise, de proposer de l’aide et d’estomper cette aide dès que possible, d’utiliser des procédés de renforcement (Leaf & MacEachin, 2012). Ces éléments, qui ont continué à guider notre

accompagnement, seront décrits dans la présentation des stratégies d'intervention auprès de M. et Q. pour travailler leurs compétences.

M. est un garçon porteur de TSA âgé de 6 ans et 11 mois qui fréquente un Service d'Éducation Spéciale et de Soins A Domicile (SESSAD, dispositif spécialisé pour l'accompagnement d'enfants avec TSA, bien souvent au sein de l'école). C'est dans ce cadre que je le rencontre, ainsi que les professionnels qui l'accompagnent et ses parents. Nous échangeons sur l'objet de la recherche, et ces derniers souhaitent qu'il intègre le projet. Les discussions autour de la répartition des enfants dans les groupes de recherche expérimental et contrôle, les éléments de son projet individuel et les retours de l'équipe professionnelle et des parents nous amènent à l'intégrer au groupe expérimental.

Avant de commencer notre accompagnement dans le cadre de cette recherche, nous réalisons, comme indiqué dans le design expérimental, trois évaluations : l'âge de fonctionnement adaptatif mesuré à la VINELAND-II, la sévérité d'autisme évaluée à la CARS-T, et le profil sensoriel mesuré à l'aide de la version abrégée du Profil sensoriel de Dunn. Il présente un retard de développement avec un profil hétérogène. Il est considéré comme ayant un TSA d'intensité légère à modérée à la CARS-T (score total de 33 au T0) ainsi qu'un profil sensoriel atypique sur l'ensemble des modalités sensorielles mesurées au Profil sensoriel de Dunn. Ces évaluations nous permettent d'obtenir son profil initial au début de l'étude, mais aussi de définir des objectifs de travail, à partir des items de la VINELAND-II, en lien avec son projet individuel d'accompagnement.

Dans le domaine de la **communication**, à T0, l'évaluation à la VINEAND-II a mis en évidence un niveau faible dans les 3 sous-domaines, à savoir la communication réceptive, la communication expressive et la communication écrite. Des difficultés sont particulièrement identifiées en communication expressive où son âge est de 13 mois. Ceci signifie qu'il présente des retards de développement des compétences langagières et interactives. Certains items de la VINELAND-II ont mis en évidence des émergences, comme le fait de dire au moins 50 mots reconnaissables (item 20 en communication expressive). De plus, dans le projet individuel de M., l'accent a été mis sur le domaine d'intervention « communication et langage » avec l'objectif suivant : « augmenter le stock lexical ». Nous choisissons donc de travailler cette

compétence et de l'intégrer au programme d'accompagnement sous l'objectif suivant : « enrichir son vocabulaire ». En effet, cette aptitude est attendue du fait de l'avancée en âge de M. et des exigences et demandes au sein de l'école.

M. a travaillé cette compétence dans le cadre de séances structurées avec son éducatrice. Nous avons utilisé la tablette tactile Amikeo et l'application Voice™, application de Communication Alternative Augmentée (CAA). Elle permet, à l'aide de contenus personnalisables, de créer et prononcer des bandes-phrases à partir de pictogrammes, photos ou images. Pour le travail de cette compétence, l'application Voice™ n'a pas été utilisée comme outil de communication en tant que tel, mais nous nous sommes saisis de son interface ludique, de ses possibilités de personnalisation, et des fonctionnalités liées à la synthèse vocale.

Afin de faciliter le développement des étapes nécessaires à la maîtrise de la compétence attendue, l'apprentissage est décomposé ainsi :

- (1) Trouver 3 items d'une catégorie suite à la consigne de l'adulte
- (2) Répéter les 3 items de la catégorie suite à la synthèse vocale
- (3) Trouver 6 items d'une catégorie suite à la consigne de l'adulte
- (4) Répéter les 6 items de la catégorie suite à la synthèse vocale
- (5) Trouver 9 items d'une catégorie suite à la consigne de l'adulte
- (6) Répéter les 9 items de la catégorie suite à la synthèse vocale
- (7) Changer de catégorie

Voici ci-dessous un exemple de ce qui a pu être utilisé pour travailler cette compétence (Figure 53).

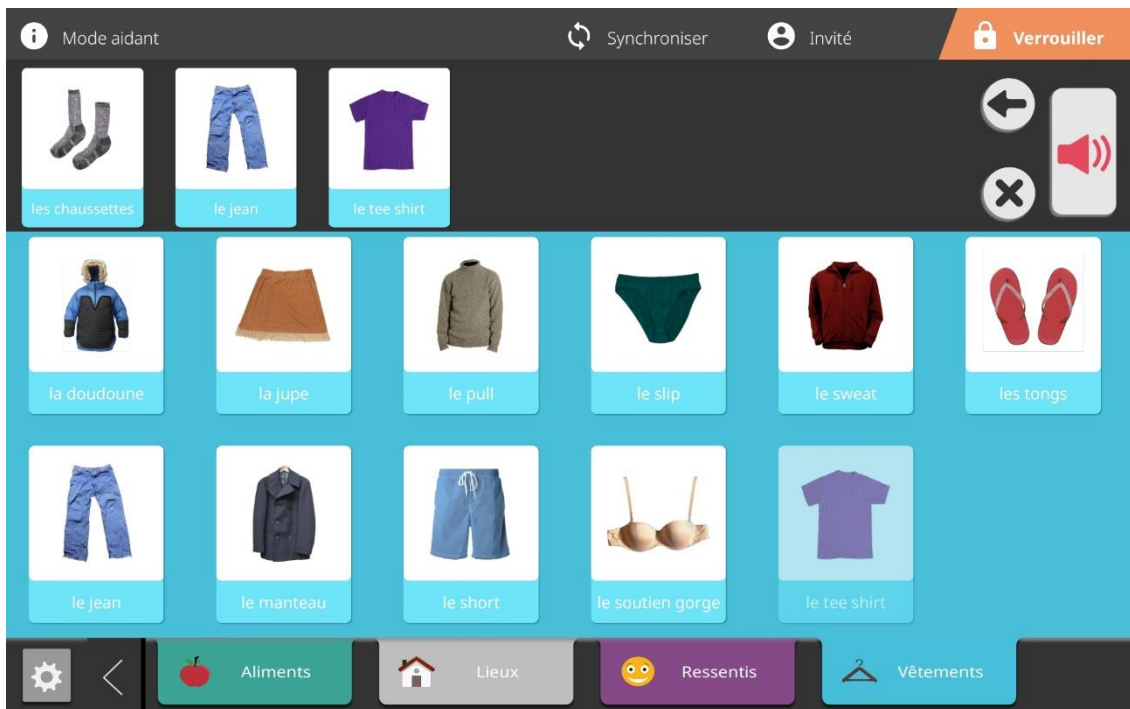


Figure 53. Exemple d'items de la catégorie "vêtement" présentés à M. sur l'application Voice TM

Ces étapes ont pu être modifiées en fonction des besoins de l'enfant et des observations du professionnel suite à la mise en place du protocole. Nous avons utilisé les 7 catégories (actions, animaux, aliments, lieux, ressentis, vêtements et un onglet favoris) et 100 items déjà existants sur l'application mais nous avons également ajouté du contenu en créant nos propres items et catégories en fonction des besoins de M. (Figure 54). Une guidance gestuelle et/ou verbale a pu être introduite par le professionnel et la compétence est systématiquement valorisée par un renforcement social (« Super ! », « Bravo ! », ou encore « Champion ! ») après chaque item ainsi que par un temps de jeu sur la tablette à la fin de la séance de travail. Les critères de réussite suivants ont été fixés pour déterminer le passage d'une étape à une autre : le comportement est réussi trois fois de suite, pendant trois semaines consécutives.

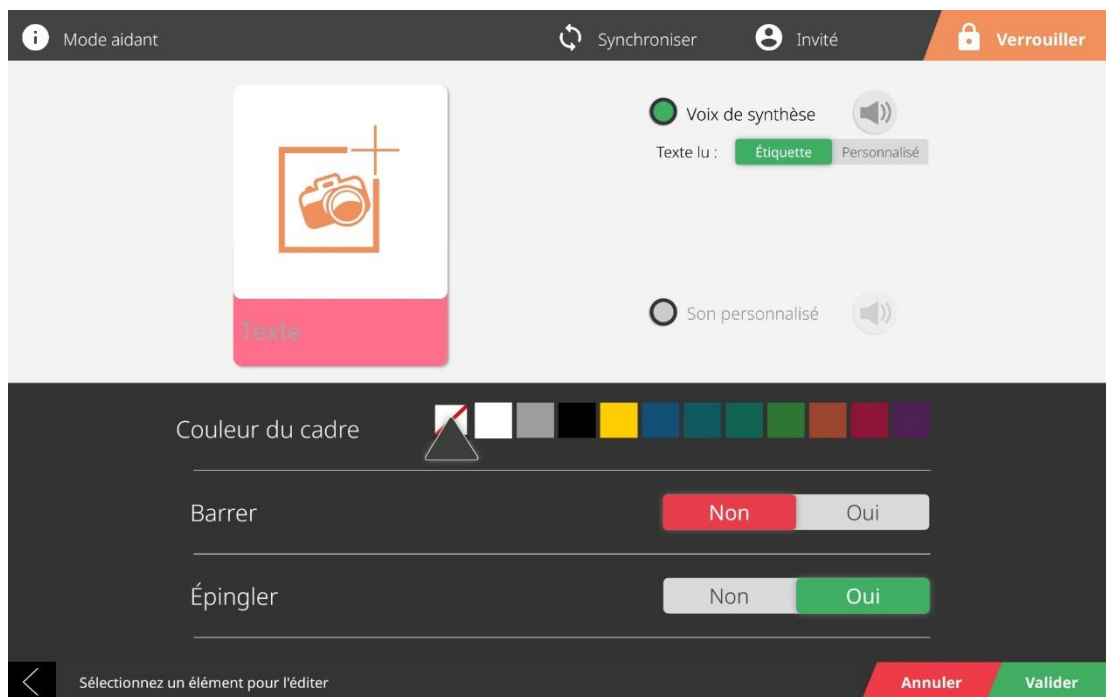


Figure 54. Créer un item sur l'application Voice™

A la fin de l'année de travail avec M., quelle est l'évolution de ses performances en communication expressive ? L'évaluation à T1 en comparaison à l'évaluation à T0 ainsi que l'analyse descriptive des données ont permis d'identifier une progression très favorable puisque l'on observe un gain des performances de M. de 20 mois (33 mois à T1 par rapport à 13 mois à T0) (Figure 55).

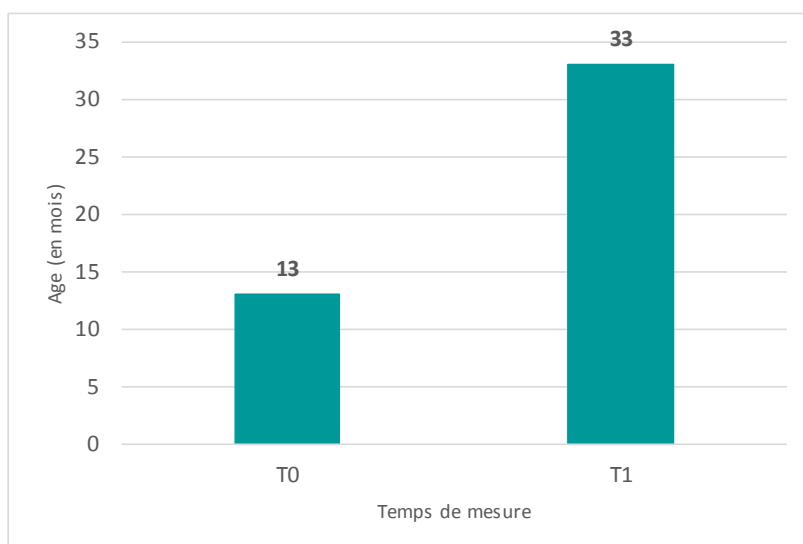


Figure 55. Ages de M. en communication expressive à T0 et à T1

L'outil numérique, et particulièrement l'application Voice TM, ont permis à M. de développer ses compétences. Nous avons sans aucun doute identifié une motivation et un intérêt de M. à travailler avec cet outil comme l'illustrent les propos de son éducatrice : « *Il adore se servir de cette application ; Il est investi dans la tâche* ». Mais, nous avons voulu tester si ses progrès étaient liés à la qualité de cette application plus particulièrement. Nous avons donc réalisé une évaluation de l'application Voice TM à l'aide de l'AutismGuide. Cette évaluation nous a permis d'identifier que cette application est « excellente » par rapport aux critères et recommandations de notre guide (Figure 56).

échelle d'acceptabilité	Inacceptable										Intermédiaire					Acceptable									
											faible		haut												
échelle SUS	0	5	10	15	20	25	30	35	40		50		55	60	65	70		74	75	80	85	90	95	100	
échelle d'adjectif	Pire évaluation possible							Mauvais			Médiocre			Bien				Excellent			Meilleure évaluation possible				
	Score min																							Score max	
Principes généraux d'utilisation	0	6	12	18	24	30	36	42	47	48	0	60	62	66	72	78	84	89	90	96	102	108	114	120	
Score globale																								110	
Exigences fonctionnelles	0	13	27	40	54	67	80	94	105	107	121	134	139	147	161	174	188	198	201	214	228	241	255	268	
Score globale																								209	
Exigences non fonctionnelles	0	20	40	59	79	99	119	139	154	158	178	198	206	218	238	257	277	293	297	317	337	356	376	396	
Score globale																								388	
Charge de travail	0	10	21	31	42	52	62	73	83	83	94	104	108	114	125	135	146	154	156	166	177	187	198	208	
Score globale																								191	
Signification des codes	0	8	16	24	32	40	48	56	62	64	72	80	83	88	96	104	112	118	120	128	136	144	152	160	
Score globale																								160	
Cohérence	0	4	8	12	16	20	24	28	31	32	36	40	42	44	48	52	56	59	60	64	68	72	76	80	
Score globale																								80	
Gestion des erreurs	0	3	7	10	14	17	20	24	27	27	31	34	35	37	41	44	48	50	51	54	58	61	65	68	
Score globale																								51	
Compatibilité	0	8	15	23	30	38	46	53	59	61	68	76	79	84	91	99	106	112	114	122	129	137	144	152	
Score globale																								92	
Contrôle explicite	0	8	15	23	30	38	46	53	59	61	68	76	79	84	91	99	106	112	114	122	129	137	144	152	
Score globale																								132	
Adaptabilité	0	23	46	70	93	116	139	162	181	186	209	232	241	255	278	302	325	343	348	371	394	418	441	464	
Score globale																								247	
Guidance	0	17	34	50	67	84	101	118	131	134	151	168	175	185	202	218	235	249	252	269	286	302	319	336	
Score globale																								160	

Figure 56. Evaluation quantitative et qualitative de l'application Voice™ en fonction des catégories de l'AutismGuide

L'une des qualités essentielles de cette application semble être la personnalisation de l'application et de son contenu. C'est un élément essentiel car, au fur et à mesure que M. développait ses compétences, il fallait ajouter de nouveaux items afin qu'il puisse acquérir de nouveaux mots. M. a d'ailleurs pris une part active dans cette étape puisque son éducatrice indique qu' « *il a fait lui-même la demande d'ajouter d'autres animaux* ». L'application Voice™ dispose de cette fonctionnalité de personnalisation. Mais qu'en est-il de la qualité de cette fonctionnalité ? La construction de l'AutismGuide nous a permis d'identifier que **l'adaptabilité d'un système**, c'est-à-dire ses capacités à se comporter contextuellement et selon les besoins et préférences de l'utilisateur, est une des catégories de critères essentielles dont doit disposer un outil numérique à destination du public avec TSA. L'évaluation de Voice™ concernant la catégorie de critères « adaptabilité » nous indique que cette application est « bien » au regard de l'AutismGuide. Nous avons par exemple évalué que les critères suivants :

- personnaliser les médias (insérer des images, photos, vidéos, , textes, audio (voix ou une synthèse vocale naturelle), etc.) à partir de supports existants ou via la capture et l'enregistrement des nouveaux contenus (ADAP_10) ;
- et personnaliser la visualisation des médias (modifier la taille des images, le contraste des images, l'intensité de l'audio, la vitesse de l'audio et vidéo, la police du texte, etc.) (ADAP_11)

étaient tout à fait conformes. Ceci nous a ainsi permis d'ajouter des médias et de continuer à développer la compétence attendue auprès de M. La personnalisation que propose l'application Voice™ est d'autant plus pertinente que les critères suivants étaient également conformes à ce que préconise l'AutismGuide :

- personnaliser l'application en fonction du niveau de développement de l'utilisateur (ADAP_03) ;
- personnaliser l'application aux intérêts (motivations) particuliers de l'utilisateur (ADAP_04) ;
- personnaliser l'application aux particularités sensorielles de l'utilisateur (ADAP_05).

La personnalisation réalisée sur l'application était ainsi au plus proche des besoins de M. Du fait des particularités sensorielles de M. sur la modalité visuelle, nous avons par exemple

paramétré l'application de la façon suivante : la taille des images est grande et le fond de l'interface foncé (faisant ressortir le texte en blanc) afin de lui permettre d'identifier plus aisément les différents items. Du fait de ses particularités sur la modalité auditive, nous avons choisi la voix d'un enfant garçon pour la synthèse vocale et une vitesse d'élocution lente afin de lui permettre d'entendre correctement les différents mots pour qu'il puisse les prononcer ensuite puis facilement. Ceci semble lui correspondre puisque son éducatrice indique qu' « *il répète et s'applique afin d'arriver à la bonne prononciation* ».

Cependant, afin que cette personnalisation et l'utilisation de l'application soient le plus efficaces possibles, il est important que ces outils numériques disposent d'autres critères comme la **cohérence**. En d'autres termes, c'est ce qui correspond au degré auquel les choix de conception de l'interface sont maintenus dans des contextes similaires et différents. A nouveau et d'après l'évaluation réalisée avec l'AutismGuide sur l'application Voice TM, ces critères ont obtenus la « meilleure évaluation possible ». C'est le cas notamment des critères suivants :

- être constant dans ses différentes parties : la mise en page, les éléments d'interaction et de navigation (CNST_01) ;
- présenter des contenus prévisibles (CNST_02).

Ce sont autant de fonctionnalités qui permettent à l'utilisateur (personne avec TSA et son aidant) d'être guidé dans la manipulation de l'outil et de pouvoir ainsi le manipuler plus aisément. Ceci est extrêmement lié au critère suivant : **la charge de travail** c'est-à-dire toutes les fonctionnalités de l'interface qui jouent un rôle dans la réduction de la charge perceptuelle ou cognitive des utilisateurs. Une fois de plus cette catégorie de critères a obtenu la « meilleure évaluation possible », comme on peut le voir avec les critères suivants :

- présenter une interface minimaliste, simple et claire (WKLD_01) ;
- éviter la grande quantité simultanée de fonctionnalités, d'images, d'animations, etc. (WKLD_03) ;
- éviter la présence d'information non pertinente (source de distraction dans les différents médias - audio, image, texte, etc.) (WKLD_04).

Le fait que ces fonctionnalités soient respectées amène une certaine aisance de M. dans la manipulation de l'application et lui permet de ne pas être distrait par des informations qui seraient non pertinentes. C'est également utile à son éducatrice lorsqu'elle prépare l'application pour les futures séances de travail en ajoutant du contenu. A travers ces quelques exemples concrets de l'évaluation de l'application Voice™ réalisée à l'aide de l'AutismGuide, nous pouvons considérer que c'est une application de qualité qui dispose des critères et recommandations attendus pour un outil numérique à destination du public avec TSA.

Enfin, au regard du thème et du domaine d'intervention de l'application (c'est-à-dire une application de communication) et afin de juger de sa qualité, il est indispensable que les critères liés à la catégorie « **signification des codes** » soient conformes à l'AutismGuide. A nouveau, l'évaluation nous a permis de constater que les critères suivants :

- adopter un langage textuel familier (SGCD_01) ;
- adopter un langage visuel familier (SGCD_02) ;
- adopter un langage textuel simple, clair, précis (sans acronymes, abréviations, jargon, textes non littéraires - métaphore, ironie, second degré, etc.) (SGCD_03) ;
- adopter un langage visuel facile à comprendre (image, icône, photographie, dessin, symbole, etc.) (SGCD_04)

sont tout à fait respectés dans l'application Voice™ puisqu'ils ont correspondent à l'échelon « meilleure « évaluation possible » de l'échelle d'adjectif. Nous pouvons aisément imaginé que le fait que ces critères soient respectés ait pu favoriser le développement des compétences de M. dans son acquisition de vocabulaire.

Malgré l'absence d'effet statistiquement significatif entre la qualité des applications et l'évolution des enfants avec TSA, l'illustration du cas de M. nous permet de réfléchir sur les liens qui peuvent exister entre ces deux aspects. Le fait d'avoir pu évaluer l'application Voice™ à l'aide de l'AutismGuide nous a permis d'identifier les forces et les faiblesses de cette application. L'une de ses principales qualités est la personnalisation et l'adaptation du système aux besoins de son utilisateur. L'application a donc été personnalisée pour correspondre aux besoins de M. et s'adapter à sa progression au fur et à mesure qu'il

développait ses compétences. Nous pouvons supposer que cet aspect de l'application a favorisé le développement de ses compétences en communication expressive. Afin d'illustrer encore davantage les liens existants entre qualité d'une application et les progrès des enfants avec TSA, nous présentons l'enfant Q.

Q. est un garçon porteur de TSA âgé de 8 ans et 11 mois lorsqu'il intègre notre projet. Il est accompagné par un Service d'Education Spéciale et de Soins A Domicile (SESSAD). Les discussions autour de la répartition des enfants dans les groupes de recherche expérimental et contrôle, les éléments de son projet individuel et les retours de l'équipe professionnelle et des parents nous amènent à l'intégrer au groupe expérimental.

Avant de commencer notre accompagnement dans le cadre de cette recherche, nous réalisons trois évaluations afin de définir une ligne de base correspondant à son profil à T0 : l'âge de fonctionnement adaptatif mesuré à la VINELAND-II, la sévérité d'autisme évaluée à la CARS-T, et le profil sensoriel mesuré à l'aide de la version abrégée du Profil sensoriel de Dunn. Il présente un retard de développement avec un profil hétérogène. Il est considéré comme ayant un TSA d'intensité légère à modérée à la CARS-T (score total de 30 au T0) ainsi qu'un profil sensoriel atypique sur l'ensemble des modalités sensorielles mesurées au Profil sensoriel de Dunn. Ces évaluations nous ont également permis de définir des objectifs de travail, à partir des items de la VINELAND-II, en lien avec son projet individuel d'accompagnement.

Dans le domaine de la **socialisation**, à T0, l'évaluation à la VINEAND-II a mis en évidence un faible niveau d'adaptation. Des difficultés sont particulièrement identifiées au niveau des relations interpersonnelles où son âge est de 43 mois. Ceci signifie qu'il présente des difficultés dans les relations aux autres, dans la compréhension et l'expression des émotions, ou encore en imitation. Certains items de la VINELAND-II ont mis en évidence des émergences comme le fait de manifester deux émotions ou plus (item 3 en relations interpersonnelles). De plus, dans le projet individuel de Q., l'accent a été mis sur le domaine d'intervention « émotion et comportement » avec l'objectif suivant : « comprendre les émotions de base ». Nous choisissons donc de travailler cette compétence et de l'intégrer au programme d'accompagnement sous l'objectif suivant : « reconnaître les 6 émotions de base ». C'est une

compétence attendue, qui devrait permettre à Q. de développer ses capacités en relations interpersonnelles.

Q. a travaillé cette compétence dans le cadre de séances structurées avec son éducatrice. Nous avons utilisé la tablette tactile Amikeo et l'application Autimo™, application conçue pour aider les personnes présentant un handicap mental ou des troubles cognitifs, à apprendre à reconnaître les émotions et les expressions du visage au travers de jeux d'identification (jeux des paires, jeux d'intrus, jeux de devinettes) à deux niveaux (débuter et approfondir) et d'un support d'images. Les contenus de cette application sont complètement personnalisables et permettent d'ajouter des photos et autres médias pour travailler les émotions avec des supports adaptés aux besoins de l'utilisateur.

Afin de faciliter le développement des étapes nécessaires à la maîtrise de la compétence attendue, l'apprentissage débute avec les émotions suivantes : joie, tristesse et colère et est décomposé ainsi :

- (1) Q. réussit les exercices du jeu « intrus » du niveau « débiter » avec guidance
- (2) Q. réussit les exercices du jeu « intrus » du niveau « débiter » sans guidance
- (3) Q. réussit les exercices du jeu « intrus » du niveau « approfondir » avec guidance
- (4) Q. réussit les exercices du jeu « intrus » du niveau « approfondir » sans guidance
- (5) Ajouter une émotion supplémentaire et recommencer les étapes

Voici ci-dessous un exemple de ce qui a pu être utilisé pour travailler cette compétence (Figure 57). A partir de la question « Qui est joyeux ? » prononcée par la synthèse vocale, Q. doit trouver la bonne réponse parmi plusieurs photos de personnes qui expriment la joie, la tristesse et la colère. Les propositions de réponse varient selon le niveau de difficulté choisi. Nous nous sommes basés sur le contenu déjà existant mais nous avons aussi ajouté du contenu personnalisé.

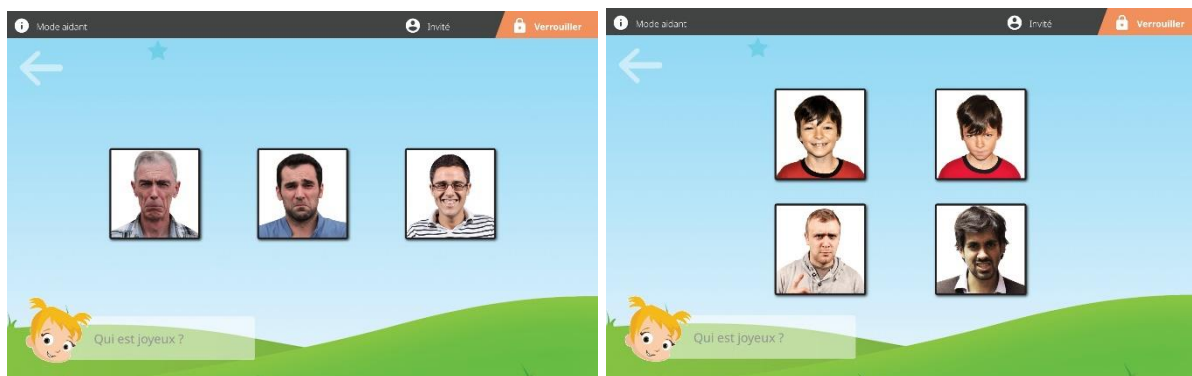


Figure 57. Exemple d'items sur la joie du jeu "intrus", niveau "débuter" (à gauche) et "approfondir" (à droite) sur l'application Autimo TM

En fonction des besoins, une guidance gestuelle et/ou verbale peut être introduite par le professionnel et la compétence est systématiquement valorisée via la tablette, par un renforcement social après chaque exercice et à la fin de la tâche (avec une animation personnalisée). Les critères de réussite sont les suivants : réussite trois fois de suite, pendant trois semaines consécutives.

A la fin de l'année de travail avec Q., quelle est l'évolution de ses performances en relations personnelles ? L'évaluation à T1, en comparaison de l'évaluation à T0, ainsi que l'analyse descriptive de ces données ont permis d'identifier une légère progression de Q. puisqu'il obtient un gain de performances de 4 mois (47 mois à T1 par rapport à 43 mois à T0) (Figure 58). Ces performances ont donc bien moins augmenté que celles de M., vu précédemment.

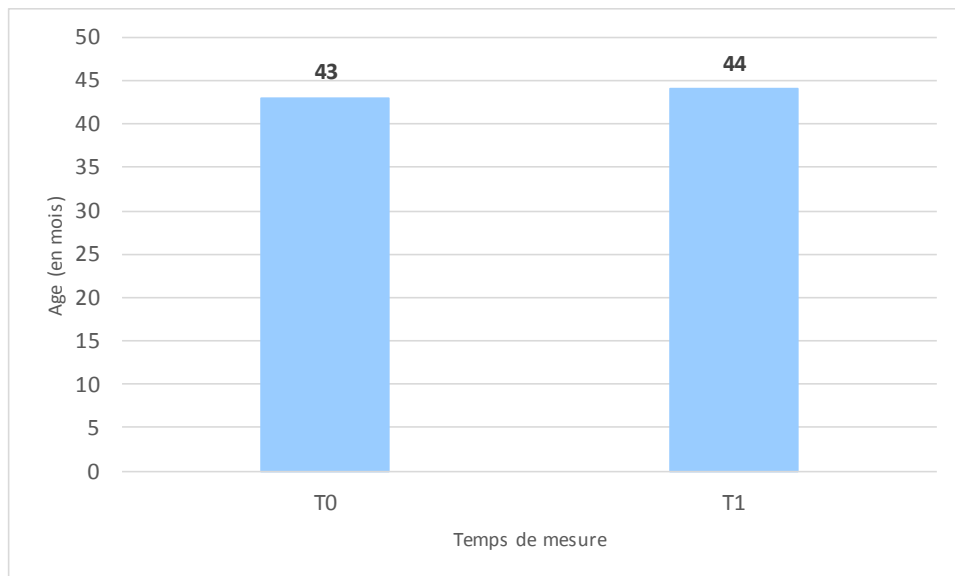


Figure 58. Ages de Q. en relations interpersonnelles à T0 et à T1

L'outil numérique et particulièrement l'application Autimo TM, n'ont pas permis à Q. d'augmenter considérablement ses performances. Peut-on établir un lien avec la qualité de l'application ? Nous avons réalisé une évaluation de l'application Autimo TM à l'aide de l'AutismGuide qui a permis d'identifier que cette dernière est « mauvaise » par rapport aux critères et recommandations de notre guide (Figure 59).

échelle d'acceptabilité	Inacceptable										Intermédiaire				Acceptable																													
											faible		haut																															
échelle SUS	0	5	10	15	20	25	30	35	40		50		60		70		75	80	85	90	95	100																						
échelle d'adjectif	Pire évaluation possible					Mauvais					Médiocre					Bien					Excellent			Meilleure évaluation possible																				
	Score min																						Score max																					
Principes généraux d'utilisation	0	6	12	18	24	30	36	42	47	48	0	60	62	66	72	78	84	89	90	96	102	108	114	120																				
Score globale																							100																					
Exigences fonctionnelles	0	17	34	50	67	84	101	118	131	134	151	168	175	185	202	218	235	249	252	269	286	302	319	336																				
Score globale																							-48																					
Exigences non fonctionnelles	0	18	37	55	74	92	110	129	144	147	166	184	191	202	221	239	258	272	276	294	313	331	350	368																				
Score globale																							354																					
Charge de travail	0	9	18	27	36	45	54	63	72	72	81	90	94	99	108	117	126	133	135	144	153	162	171	180																				
Score globale																							96																					
Signification des codes	0	6	13	19	26	32	38	45	50	51	58	64	67	70	77	83	90	95	96	102	109	115	122	128																				
Score globale																							104																					
Cohérence	0	4	8	12	16	20	24	28	31	32	36	40	42	44	48	52	56	59	60	64	68	72	76	80																				
Score globale																							-40																					
Gestion des erreurs	0	4	8	13	17	21	25	29	33	34	38	42	44	46	50	55	59	62	63	67	71	76	80	84																				
Score globale																							-17																					
Comptabilité	0	8	17	25	34	42	50	59	66	67	76	84	87	92	101	109	118	124	126	134	143	151	160	168																				
Score globale																							26																					
Contrôle explicite	0	8	16	23	31	39	47	55	61	62	70	78	81	86	94	101	109	115	117	125	133	140	148	156																				
Score globale																							112																					
Adaptabilité	0	22	43	65	86	108	130	151	168	173	194	216	225	238	259	281	302	320	324	346	367	389	410	432																				
Score globale																							-18																					
Guidance	0	21	42	63	84	105	126	147	164	168	189	210	218	231	252	273	294	311	315	336	357	378	399	420																				
Score globale																							81																					

Figure 59. Evaluation quantitative et qualitative de l'application Autimo™ en fonction des catégories de l'AutismGuide

L'évaluation nous a notamment permis d'identifier des problèmes d'**adaptabilité du système** (pour rappel, cela correspond aux capacités du système à se comporter contextuellement et selon les besoins et préférences de l'utilisateur) puisque cette catégorie de critères a obtenu la « pire évaluation possible » sur l'échelle d'adjectif. Par exemple, nous avons évalué que les critères suivants :

- personnaliser l'application en fonction du niveau de développement (langage verbal et non verbal, et cognitif) de l'utilisateur (ADAP_03) ;
- personnaliser l'application aux particularités sensorielles de l'utilisateur (ADAP_05) ;
- personnaliser la visualisation des médias (modifier la taille des images, le contraste des images, l'intensité de l'audio, la vitesse de l'audio et vidéo, la police du texte, etc.) (ADAP_11)

étaient non conformes aux recommandations de l'AutismGuide. Les possibilités de personnalisation de l'outil sont donc limitées. Nous pouvons imaginer que le fait de ne pouvoir adapter totalement l'outil aux besoins de Q. peut diminuer l'ampleur de l'effet favorable de l'utilisation de ce type d'outil sur l'évolution de ses compétences.

Nous avons également observé des problèmes de **cohérence** au sein de l'application. Cette catégorie de critères fait référence au degré auquel les choix de conception de l'interface sont maintenus dans des contextes similaires et différents. Une cohérence de l'interface de l'application dans divers contextes (par exemple l'interface de jeu et l'interface de personnalisation) permet à l'utilisateur d'être plus à l'aise dans la manipulation de l'outil. Pour Autimo TM, les deux critères suivants se sont avérés non conformes à l'AutismGuide :

- être constant dans ses différentes parties : la mise en page, les éléments d'interaction et de navigation (CNST_01) ;
- présenter des contenus prévisibles (CNST_02)

Ces difficultés n'ont certainement pas aidé Q. à utiliser l'application et ses interfaces de jeu, mais également son éducatrice lorsqu'elle personnalisait l'application.

Une autre catégorie de critères est essentielle pour permettre à l'utilisateur de naviguer aisément sur l'application, il s'agit de la **gestion des erreurs**, autrement dit des moyens

disponibles pour prévenir ou réduire les erreurs. L'application Autimo™ présente également des difficultés sur ces fonctionnalités puisque l'évaluation a mis en évidence que le premier critère de cette catégorie est non conforme :

- pouvoir confirmer, annuler, réparer des actions et d'expliciter toute impossibilité d'action (ERRM_01).

Par exemple, si je souhaite supprimer une photo associée à l'émotion « joie », lorsque l'application est bien conforme à ce critère, un message du type « Etes-vous sûr de vouloir supprimer ce média ? Cette action est irréversible » devrait apparaître avant de réaliser l'action afin de prévenir une éventuelle erreur. Si ce critère n'est pas respecté, cela peut entraîner des incompréhensions de l'utilisateur sur certaines de ces actions. Des problèmes sont également identifiés sur l'interface de jeu puisque le critère suivant est aussi non conforme :

- présenter des messages d'erreur de bonne qualité (message clair et multimédia et multimodale avec la présentation de différents médias simultanée : texte, audio, vidéo, image, etc.) ; sans restreindre l'indication d'un succès ou d'un échec uniquement à une couleur ou à des expressions faciales (grimace, sourire, rire, etc.) ou à termes négatives ("perdue" ou "erreur" ou "échec", etc.) (ERRM_03)

Ce critère est donc directement lié aux indications de réussite ou d'échec lors de la réalisation des différents jeux sur l'application (jeux des paires, jeux d'intrus, jeux de devinettes) par l'utilisateur avec TSA. Des améliorations sont possibles afin d'aider l'utilisateur à réaliser les exercices et lui permettre de développer ses compétences.

Enfin, afin que l'utilisation de l'application soit le plus efficace possible il est important que ces outils numériques disposent d'autres critères comme la **guidance de l'utilisateur** (pour rappel, cela correspond aux moyens disponibles dans l'application pour conseiller, diriger, informer, instruire et guider l'utilisateur). A nouveau et d'après l'évaluation réalisée avec l'AutismGuide sur l'application Autimo™, cette catégorie de critères correspond au palier « pire évaluation possible » de l'échelle d'adjectif. C'est le cas notamment des critères suivants :

- reconnaître où l'utilisateur se situe dans l'application (GUID_01) ;

- présenter une structure de navigation, avec la représentation globale des options : sortir, retourner, accueil et aide (GUID_03) ;
- présenter l'indication de progrès dans l'exécution d'une tâche (avec des stratégies de renforcement positive) (GUID_07).

Nous pouvons supposer que la non-conformité de ces critères n'a pas facilité la manipulation et l'utilisation de l'application par Q. ainsi que par son éducatrice.

L'évaluation de l'application Autimo™ à l'aide de l'AutismGuide nous a permis d'identifier les forces et les faiblesses de cette application. Cette dernière présente des faiblesses à différents niveaux comme l'adaptabilité du système, la cohérence au sein de l'application, la gestion des erreurs ou encore la guidance de l'utilisateur. Nous pouvons supposer que ces faiblesses ont pu freiner l'utilisation optimale de l'application et que ceci ait eu des répercussions sur l'évolution des compétences de Q. en relations interpersonnelles.

Ces deux présentations (M. et Q. avec Voice™ et Autimo™) montrent l'importance d'évaluer une application au regard des recommandations de l'AutismGuide. Avoir recours à ce type de guide peut permettre dans un premier temps de nous éclairer dans le choix d'une application, et ainsi choisir une application de qualité aux regards du public visé afin de favoriser le plus possible le développement des compétences travaillées par les utilisateurs avec TSA.

7. Discussion

L'objectif de cette première étude, menée auprès d'enfants avec TSA, était de mesurer les effets d'une intervention avec un outil numérique en comparaison à une intervention avec un outil traditionnel, utilisés pendant une année dans un contexte écologique de travail en établissements médico-sociaux pour voir l'évolution des compétences travaillées hebdomadairement en communication, autonomie et socialisation avec ces enfants. Notre hypothèse principale consistait à supposer que, pour permettre le développement de ces compétences, l'intervention avec un outil numérique serait plus efficace que celle avec un outil traditionnel, compte tenu de la littérature mettant en avant une augmentation de la

motivation (Amar et al., 2012), une plus grande implication (Fletcher-Watson et al., 2015) ou encore une facilité pour le développement des apprentissages (Battocchi et al., 2009) avec un outil numérique en comparaison à un outil traditionnel. Dans cette partie, les principaux résultats de cette étude, associés à nos hypothèses de recherche, sont rappelés puis discutés en lien avec les données de la littérature.

Nos résultats montrent que l'intervention avec un outil numérique a été plus efficace que l'intervention avec un outil traditionnel. En effet, entre le début (T0) et la fin de l'étude (T1, +12mois), les scores en communication, autonomie et socialisation des enfants avec TSA du groupe expérimental mesurés à la VINELAND-II ont significativement plus augmenté que ceux des enfants du groupe contrôle. En outre, les données des analyses descriptives nous ont permis de préciser ce premier résultat pour chacun des domaines de compétences travaillés auprès des enfants et de définir différents profils de trajectoires individuelles.

Dans le domaine de la **communication**, les enfants avec TSA ayant bénéficié de l'intervention avec l'outil numérique ont gagné en moyenne 7 mois en comparaison à 2 mois pour les enfants ayant bénéficié de l'intervention avec l'outil traditionnel. L'analyse des trajectoires individuelles nous a permis de constater que 63% des enfants du groupe expérimental (7 sur les 11) ont présenté une augmentation de leurs performances entre les deux temps de l'étude, comparativement à 54% des enfants du groupe contrôle (6 sur les 11). Or, bien que le nombre d'enfants présentant ce profil d'évolution soit presque identique entre les deux groupes, les enfants ayant travaillé avec la tablette enregistrent un gain d'acquisitions plus important en nombre de mois : de 9 à 26 mois pour 4 d'entre eux contre un gain de 11 et 15 mois pour 2 enfants du groupe contrôle.

Ces résultats, montrant les effets bénéfiques d'une intervention avec un outil numérique pour le développement des compétences en communication, sont en cohérence avec ceux des études précédemment citées dans notre revue de la littérature. En effet, tout comme les travaux portant sur l'utilisation de l'application Proloquo2Go™ qui permet de travailler la communication (Achmadi et al., 2012 ; Alzrayer et al., 2019 ; Kagohara et al., 2010 ; Kagohara, van der Meer, et al., 2012 ; van der Meer et al., 2011), nous avons montré l'intérêt d'utiliser des applications pour le développement de compétences en communication, notamment

pour faire des demandes. De plus, nous avons montré l'intérêt d'utiliser ces applications en comparaison à d'autres outils comme un système de communication par images, à l'instar des travaux de Flores et al. (2012) ; van der Meer, Didden, et al. (2012) ; van der Meer, Kagohara, et al. (2012) ; et van der Meer, Sutherland, et al. (2012). L'ensemble de ces études ayant également été réalisé auprès d'enfants et d'adolescents porteurs de TSA, mais aussi de déficience intellectuelle ou de troubles associés, nos résultats confortent l'intérêt d'utiliser ces outils numériques auprès de ce public. Cependant, ces études utilisant des applications avec un dispositif générateur de parole (*speech generating device* ou *SGD*) se sont principalement intéressées au développement des compétences en communication expressive et au fait de faire des demandes (de collations ou d'objets préférés), et finalement d'utiliser la tablette comme outil de Communication Alternative et Augmentée (CAA). Du fait de notre design expérimental et du temps d'utilisation des applications au cours de la semaine (environ 45 minutes au total), le travail entrepris en fonction des projets personnalisés d'accompagnement des enfants, a permis aussi de travailler différentes compétences à la fois en communication expressive (par exemple dénommer 2 personnes ou enrichir son vocabulaire), mais également en communication réceptive (écouter une histoire ou suivre des consignes en trois parties). Ainsi, outre l'intérêt des applications pour la communication expressive, nous avons pu constater, à l'instar des travaux de Achmadi et al. (2012) ; Alzrayer et al. (2014) ; Flores et al. (2012) ; Kagohara et al. (2010) ; van der Meer, Didden, et al. (2012) ; van der Meer et al. (2011) ; van der Meer, Kagohara, et al. (2012) ; et van der Meer, Sutherland, et al. (2012) que la communication réceptive pouvait aussi bénéficier de l'intérêt des applications, ce qui permet d'étendre le champ d'application de ce type d'outil dans les programmes d'accompagnement des enfants avec TSA en ciblant l'expression et la compréhension.

L'intérêt et l'efficacité des applications sur tablette tactile semble provenir de la possibilité d'utiliser un générateur de parole et une synthèse vocale. Ici, l'utilisation d'un générateur de parole ainsi que d'une synthèse vocale dans les applications de communication semble parfaitement correspondre aux particularités de perception et de traitement des informations auditives des personnes avec TSA dont on sait qu'elles présentent des anomalies de perception et de traitement des flux multisensoriels (DTTS, Gepner, 2014), notamment au

niveau auditif puisqu'elles ont des difficultés à traiter le flux verbal rapide et/ou complexe (Tardif et al., 2002) ou encore à coder et découper le langage (Gepner, 2014). Et donc, les dispositifs d'aides à la communication de sortie vocale (ou VOCA) (Mirenda, 2003) sont des aides électroniques qui peuvent prendre en charge ou remplacer le langage et l'écriture. Pour cela, les utilisateurs appuient sur les boutons et icônes de l'interface, et la synthèse vocale produit la sortie vocale correspondante. Avec l'application Voice TM utilisée dans le cadre de notre étude, une telle synthèse vocale peut être paramétrée, mais aussi et surtout il est possible de personnaliser une synthèse vocale qui corresponde au profil de l'utilisateur (à ses choix, ses goûts) et il est aussi possible de choisir la vitesse d'élocution de la synthèse vocale (plus ou moins lente, plus ou moins rapide). Ainsi, lors du travail sur la compétence « enrichir son vocabulaire » avec l'application Voice TM comme cela a été le cas pour M. (cf. p195), il a été possible de choisir une vitesse d'élocution lente, qui s'est avérée particulièrement intéressante, confortant les travaux sur le ralentissement (Tardif, Thomas, Rey, et al., 2002). Nous pouvons ainsi supposer que, le fait de pouvoir ralentir la prononciation des nouveaux mots à acquérir par M., lui a permis de bénéficier de plus de temps pour percevoir et traiter l'information auditive et a ainsi favorisé son apprentissage. En couplant l'intérêt de la synthèse vocale et du ralentissement avec Logiral TM (Tardif & Gepner, 2014), il semblerait que l'on augmente les chances de réussite d'apprentissage par rapport à la synthèse vocale seule. Dans le domaine de la communication, ces caractéristiques de l'outil numérique pourraient expliquer la progression plus importante des enfants avec TSA ayant bénéficié de cet outil en comparaison à ceux ayant utilisé l'outil traditionnel.

L'analyse des trajectoires individuelles a permis de constater que 36% des enfants du groupe expérimental (4 sur les 11) ont présenté une diminution ou une stagnation de leurs performances entre les deux temps de l'étude, comme c'est le cas pour 45% des enfants du groupe contrôle (5 sur les 11). C'est un élément surprenant car, quel que soit l'outil utilisé après une année d'intervention, nous ne nous attendions pas à une diminution des performances des enfants. Ceci peut être attribué en partie à l'outil d'évaluation que nous avons choisi pour suivre l'évolution des enfants entre les deux temps d'étude, à savoir la VINELAND-II (*Vineland Adaptive Behavior Scales*, 2nd ed, S.S. Sparrow et al., 2005). En effet, par exemple dans le domaine de la communication expressive, dès l'item 8 (sur 54, que l'on

administre entre 1 et 4 ans) les observations se portent naturellement sur l'évaluation de la communication verbale qui doit être acquise à cet âge-là chez l'enfant au développement typique. Or, beaucoup d'enfants de l'échantillon sont non verbaux et l'évaluation a ainsi mis en évidence un niveau faible d'adaptation en communication et semble manqué de pertinence et de finesse pour notre population. Pour certains enfants, cet outil n'a donc pas véritablement permis de refléter leurs compétences.

Dans le domaine de l'**autonomie**, les enfants avec TSA ayant bénéficié de l'intervention avec l'outil numérique ont gagné en moyenne 14 mois en comparaison à 7 mois pour les enfants ayant bénéficié de l'intervention avec l'outil traditionnel. L'analyse des trajectoires individuelles nous a permis d'observer que tous les enfants du groupe expérimental (soit 100%) présentent une augmentation de leurs performances entre les deux temps de l'étude, comparativement à 81% des enfants du groupe contrôle. Mais surtout, ce qui est marquant tient à l'évolution très favorable des enfants du groupe expérimental puisque 7 d'entre eux présentent un gain développemental allant de 8 à 40 mois, tandis que seuls 4 enfants du groupe contrôle manifestent un gain n'allant que de 9 à 22 mois. Ainsi, l'intervention avec un outil numérique semble être plus efficace encore pour ces enfants dans le domaine de l'autonomie, par rapport à celui de la communication. Ceci peut s'expliquer par le niveau initial des enfants, qui au début de l'étude est plus faible en communication que leur niveau en autonomie. Les enfants présentant ainsi plus de difficultés en communication, l'outil numérique n'a pas permis de les faire progresser autant qu'en autonomie car les compétences à développer étaient plus importantes et nécessitaient plus de temps et d'intervention. En indiquant que l'intervention avec l'outil numérique a été plus efficace que l'intervention avec l'outil traditionnel pour développer les compétences en autonomie, nos résultats sont concordants avec ceux des études précédemment citées dans notre revue de la littérature. En effet, Mercier et al. (2018) et Pérez-Fuster et al. (2019) ont également montré l'intérêt de l'outil numérique pour développer l'autonomie d'enfants et d'adultes porteurs de TSA et de déficience intellectuelle dans la réalisation de tâches quotidiennes (se brosser les dents, laver la vaisselle ou faire la lessive).

Pour expliquer cette meilleure efficacité en autonomie, nous pouvons aussi avancer que nous avons utilisé les applications AMIKEO qui permettent d'avoir recours à la modélisation vidéo, consistant à séquencer une tâche à partir de la lecture de vidéo. En référence aux théories de l'apprentissage, le terme *modeling* représente le fait de présenter des comportements désirables couplé à un renforçateur afin de faire comprendre à l'enfant que les comportements ont des conséquences positives. Des compétences telles que « se brosser les dents » ou encore « se laver les mains » ont ainsi pu être travaillées avec l'application Séquence™. Les enfants avec TSA du groupe expérimental ont appris la tâche à réaliser à la suite de lecture de vidéo présentant les différentes étapes qu'ils ont imitées et reproduites. Les enfants avec TSA du groupe contrôle ont quant à eux appris ce type de compétence à l'aide de supports papiers qui présentaient également les différentes étapes à réaliser (cf. comparaison entre B. et E. p.175 pour un exemple). On a demandé aux enfants d'apprendre le séquençage d'une tâche à partir de la reproduction et de l'imitation des gestes présentés en vidéo ou en images, en référence aux travaux de Nadel (2014) qui indiquent que l'une des formes de l'imitation, appelée « apprentissage par observation », permet aux enfants d'apprendre de nouvelles compétences. L'enfant doit se représenter une action, qu'il n'a jamais réalisée auparavant, qu'il a juste vu, et dont la seule observation lui permet de disposer des éléments pour la réaliser physiquement (Nadel, 2014). Et donc, nos résultats mettent en évidence l'intérêt d'avoir recours à la modélisation vidéo sur tablette tactile pour l'apprentissage de compétences en autonomie, à l'instar des travaux de Hammond et al. (2010) ; Kagohara (2011) ; et Kagohara et al. (2011), mais aussi de Murray et al. (2016) qui montrent que la modélisation vidéo est extrêmement efficace pour développer l'autonomie dans les routines quotidiennes. De surcroît, nos résultats apportent des éléments supplémentaires à ces études grâce à la comparaison des effets d'une intervention avec outil numérique *versus* avec outil traditionnel, et donc la comparaison d'un tutoriel dynamique avec la modélisation (Séquence™) bien plus efficace qu'un tutoriel statique (séquences visuelles papiers) pour aider les enfants à imiter les gestes à reproduire et ainsi développer leur autonomie. Nos observations vont dans le sens d'une recherche menée par Charlop-Christy et al. (2000) qui montre également l'efficacité supérieure de l'usage de la modélisation vidéo en comparaison à l'usage de l'apprentissage in vivo, c'est-à-dire de l'observation de

gestes réalisés par un modèle vivant et de sa reproduction par l'apprenant, pour le développement de compétences d'enfants avec TSA car la modélisation vidéo permet une acquisition plus rapide des compétences que l'apprentissage in vivo, et qu'elle favorise la généralisation des acquis. L'apprentissage par observation semble ainsi facilité par la présentation d'informations dynamiques et ceci est rendu possible par la modélisation vidéo présentée sur un outil numérique. C'est en s'appuyant sur ce dispositif que Nadel et al. (2017) proposent une méthodologie innovante pour permettre à des enfants non verbaux avec TSA d'apprendre de nouvelles actions encore jamais réalisées. Dans un premier temps, ils filment l'enfant dans différents contextes afin de constituer une bibliothèque de mouvements et d'actions décrivant son répertoire moteur. Dans un second temps, ils réalisent des montages vidéo à partir de cette bibliothèque afin de créer de nouvelles actions qui seront montrées à l'enfant sur tablette afin de mettre en place l'apprentissage par observation. Les auteurs montrent que les enfants sont très attentifs à se voir faire, et qu'ils sont capables de reproduire des actions nouvelles en ayant simplement visionnés ces vidéos sur tablette. Dans le domaine de l'autonomie, ces avantages de l'outil numérique pourraient expliquer la progression plus importante des enfants avec TSA ayant bénéficié de cet outil en comparaison à ceux ayant utilisé l'outil traditionnel. Corbett & Abdullah (2005) tentent également de comprendre les raisons de l'efficacité de l'utilisation de la vidéo auprès des enfants avec TSA et mettent en avant trois éléments : la préférence pour les stimuli et les instructions visuels ; l'évitement des interactions en face à face ; et la capacité à traiter l'information visuelle par rapport à l'information verbale. Cependant, le concept de « *malvoyance du mouvement* » a été défini par Gepner (2001, 2005) afin de définir la présence de troubles de la perception visuelle et de l'intégration visuelle du mouvement physique chez les personnes avec TSA, et ce d'autant plus que les mouvements sont rapides. Afin de maximiser le potentiel de l'usage de la modélisation vidéo présentée sur tablette auprès des enfants avec TSA, une perspective intéressante se dessine : intégrer le ralentissement des vidéos présentées lors de la modélisation vidéo, et étudier l'évolution des compétences en autonomie des enfants avec TSA, d'autant plus que le ralenti a pu améliorer leurs capacités imitatives (Charrier, 2014) et focaliser davantage leur attention sur la tâche (Meiss et al., 2015). Il serait alors tout à fait intéressant de pouvoir coupler le ralentissement avec Logiral™ à l'application Séquence™

pour pouvoir ainsi personnaliser la modélisation vidéo (c'est-à-dire le séquençage d'une tâche à partir de la lecture de vidéo) et sélectionner ainsi une vitesse de présentation lente lors de la diffusion des vidéo, vitesse que l'enfant pourrait choisir en fonction de ses besoins.

Dans le domaine de la **socialisation**, les enfants avec TSA ayant bénéficié de l'intervention avec l'outil numérique ont gagné en moyenne 8 mois en comparaison à 4 mois pour les enfants ayant bénéficié de l'intervention avec l'outil traditionnel. L'analyse des trajectoires individuelles nous a permis d'identifier que 90% des enfants du groupe expérimental ont présenté une augmentation de leurs performances entre les deux temps d'étude, comparativement à 36% des enfants du groupe contrôle. Ceci est en faveur de l'outil numérique même si les gains sont assez semblables dans les deux groupes (7 à 49 mois pour le groupe expérimental par rapport à 14 à 37 mois pour le groupe contrôle) et qu'ils sont moins importants que ce que l'on observe dans le domaine de l'autonomie.

Nos résultats indiquent que l'intervention avec l'outil numérique a été plus efficace que l'intervention avec l'outil traditionnel pour développer les compétences en socialisation, et sont ainsi concordants avec les résultats des études de Holt & Yuill (2017) ou encore d'Hourcade et al. (2012) sur l'utilisation d'applications lors de séances de travail des compétences sociales. Tout comme Fletcher-Watson et al. (2016), nous observons également que l'utilisation d'applications est plus efficace que l'utilisation d'outils traditionnels. Cependant, les gains observés sont moins importants en socialisation qu'en autonomie. Ces moindres gains peuvent s'expliquer en partie par les objectifs en socialisation car qui sont des objectifs difficiles à travailler pour ce public (comme le fait d'apprendre à jouer de façon coopérative), et qu'ils ont été travaillés auprès d'un pair présentant les mêmes difficultés d'interactions sociales, puisque les enfants sont dans des établissements spécialisés pour l'accueil d'enfants porteurs de TSA. Or, d'après la théorie socio-culturelle de Vygotski (1934/1985), nous savons que si l'interaction sociale joue un rôle primordial dans le développement de l'enfant, c'est la relation de tutorat (Bruner, 1983), donc auprès d'un pair plus compétent, qui aide l'enfant à apprendre, à progresser et à trouver la solution d'un problème qu'il n'arriverait pas à résoudre seul. Bruner (1983) précise que c'est l'interaction entre un novice et un expert qui stimule les apprentissages et permet au novice de dépasser

son potentiel initial, en lien avec le concept de zone proximale de développement. Et donc, en s'inspirant de ces travaux (Bruner, 1983 ; Vygotski, 1934/1985), nous aurions pu travailler autrement ces compétences auprès des enfants, notamment en créant une relation de tutelle avec une personne plus experte dans ce domaine, plutôt qu'auprès d'un pair présentant le même type de profil. Cette personne experte peut être un adulte, mais également un pair présentant une expertise plus importante que l'enfant ayant un TSA dans le domaine ciblé. Le tutorat par les pairs est une situation dans laquelle un enfant maîtrisant la réalisation d'une activité vient en aide à un enfant qui ne la maîtrise pas, ou qui présente un degré d'expertise moindre (Berzin & Lebert-Candat, 2008). Il existe une forme particulière de tutorat, la médiation par les pairs qui peut être définie de la façon suivante : « *approche dans laquelle les pairs au développement typique sont entraînés à mettre en œuvre une intervention directement auprès d'enfants en situation de handicap* » (Boudreau et al., 2015, p.219). Dans ce type d'intervention, le rôle de tuteur est attribué aux enfants au développement typique, qui sont les principaux agents d'intervention (Boudreau et al., 2015), et l'adulte a un rôle périphérique qui consiste à aider, soutenir et inciter les pairs tuteurs (McFadden et al., 2014). D'après Sperry et al. (2010), appliquer la médiation par les pairs au champ de l'autisme revient à suivre ces cinq principaux objectifs : (1) apprendre aux pairs la manière de parler et d'interagir avec leurs camarades ayant un TSA ; (2) augmenter la fréquence avec laquelle les enfants avec un TSA interagissent avec leurs pairs au développement typique ; (3) étendre à des situations variées les comportements d'initiatives des enfants au développement typique envers leurs camarades ayant un TSA ; (4) minimiser le soutien apporté par les adultes et les enseignants ; (5) promouvoir des interactions sociales positives et naturelles entre les enfants ayant un TSA et leurs camarades au développement typique. Ceci a notamment été expérimenté par Briet et al. (2018) qui ont étudié les effets d'une intervention de médiation par les pairs, en contexte d'activités partagées sur une tablette tactile, sur les comportements socio-communicatifs d'enfants avec TSA et de leurs pairs au développement typique âgés de 4 à 10 ans. Deux dyades d'enfants, chacune constituées d'un enfant avec TSA et d'un enfant typique, ont été accompagnées pour une durée de six mois. Les pairs ayant le rôle de tuteur ont été sensibilisés à l'autisme, aux spécificités et aux besoins de ces enfants, mais également formés à l'apprentissage de stratégies destinées à favoriser les interactions sociales avec leur

camarade avec TSA. Les deux dyades se sont ensuite rencontrées, deux fois par semaine pendant 30 minutes, autour d'activités réalisées sur tablette et notamment avec l'application *Preschool* développée par *LearnEnjoy* (Bourgueil et al., 2015). Les résultats mettent en évidence une augmentation des comportements socio-communicatifs positifs et une diminution des comportements sociaux agonistiques des deux enfants avec TSA à la suite de cette intervention. Les auteurs, en accord avec les travaux de Philip et al. (2014), mettent aussi en évidence l'intérêt de l'utiliser en tant que « médiateur social » pour favoriser les interactions des enfants. L'étude de Briet et al. (2018) présente ainsi un caractère novateur en combinant deux aspects : tester les effets d'une intervention de médiation par les pairs et ce, dans un nouveau contexte, lors de la réalisation d'activités sur tablette tactile. Cependant, cette étude, à l'inverse de la nôtre, ne comporte pas de groupe de comparaison permettant d'évaluer les effets d'une intervention de médiation par les pairs sur les compétences sociales d'enfants avec TSA, en contexte d'activités partagées sur une tablette tactile, en comparaison à des activités identiques réalisées sur un format classique (feuilles de papier, manipulation d'objets, etc.). Nous pourrions aussi prolonger ces apports en utilisant du matériel numérique en double exemplaire (Nadel, 2016) dans le but de favoriser les comportements d'imitation par le fait de disposer d'objets identiques pour exploiter les deux facettes de l'imitation : imiter et être imité (Nadel et al., 1999). D'ailleurs, une étude pilote (Scarpa et al., 2012) menée auprès de 8 enfants avec TSA non verbaux de 30 à 84 mois a montré une augmentation significative des comportements d'imitation ainsi que des comportements positifs dans 5 catégories (comportements émotionnels, sociaux, posturo-moteurs, actions et regards), à la suite de 25 séances d'imitation réciproque. L'entraînement au tour de rôle, entre imiter et être imité, a donc été favorable au développement de leurs compétences. C'est pourquoi, nous avons choisi de travailler les compétences des enfants en socialisation à l'aide d'objets en double exemplaire : deux tablettes pour l'intervention avec un outil numérique et deux supports de jeux (par exemple des puzzles) pour l'intervention avec un outil traditionnel. Afin de poursuivre les investigations sur les effets d'une intervention avec un outil numérique pour le développement des compétences en socialisation des enfants avec TSA, nous pourrions combiner relation de tutelle (Bruner, 1983), activités partagées sur tablette tactile (Briet et al., 2018) et imitation avec du matériel double exemplaire (Nadel, 2016). Nous pourrions ainsi

étudier les effets de cette intervention sur les compétences d'enfants avec TSA à partir d'une relation de tutelle entre un enfant avec TSA novice et un pair plus expert que lui, autour d'une activité partagée utilisant du matériel numérique en comparaison à du matériel traditionnel, tous deux disponibles en double exemplaire.

Au total, nos résultats témoignent des effets positifs que peut avoir une intervention avec un outil numérique sur le développement des compétences en communication, autonomie et socialisation des enfants avec TSA. En ce sens, ils confortent les résultats d'études précédentes telles que ceux de Achmadi et al. (2012) ; Alzayer et al. (2014) ; Birtwell et al., (2019) ; Flores et al. (2012) ; Kagohara et al. (2010) ; Kagohara, van der Meer, et al. (2012) ; Xin & Leonard (2015) pour le domaine de la communication, de Cihak et al. (2010) ; Hammond et al. (2010) ; Kagohara (2011) ; Kagohara et al. (2011) ; Mercier et al. (2018) ; Pérez-Fuster et al. (2019) pour le domaine de l'autonomie, ou de Fletcher-Watson et al. (2016) ; Gal et al. (2009) ; Holt & Yuill (2017) ; Hourcade et al. (2012) ; Piper et al. (2006) pour le domaine de la socialisation. Nous pouvons ainsi penser que l'efficacité de l'intervention avec un outil numérique en comparaison à l'intervention avec un outil traditionnel peut provenir des caractéristiques spécifiques de l'outil numérique, que l'on ne retrouve pas dans l'outil traditionnel. Ainsi, dans le domaine de la communication, l'intérêt de la tablette tactile semble provenir de la fonctionnalité « synthèse vocale ». Dans le domaine de l'autonomie, la possibilité de séquencer une tâche à l'aide de la modélisation vidéo introduisant la dynamique semble également être un atout majeur par rapport aux séquences papiers (frises visuelles par exemple). Dans le domaine de la socialisation, il peut être un outil médiateur favorisant les comportements d'interaction. De façon plus générale, son caractère constant et répétitif, la nature immédiate, prévisible et répétitive des informations ou encore l'absence de distractions sensorielles non-pertinentes (Virole, 2014) semblent bien correspondre aux particularités de fonctionnement des personnes avec TSA. De plus, ses nombreuses possibilités d'adaptation à leurs particularités en font un outil particulièrement intéressant, surtout lorsque l'application peut être personnalisée au maximum et être évolutive en fonction des gains de l'enfant et de sa progression, comme le sont certaines applications AMIKEO, même si toutes n'ont pas les mêmes qualités d'usage.

Outre l'objectif premier de notre étude qui était de mesurer l'efficacité des outils numériques pour le développement des compétences des enfants avec TSA, nous avons voulu évaluer la qualité de l'outil numérique utilisé pour voir si cette qualité entretenait des liens avec les gains de performances des enfants avec TSA. Il est en effet illusoire de penser que toutes les applications se valent (Allen et al., 2016) et nous pouvons donc supposer que la présence de certaines fonctionnalités, comme la personnalisation de l'outil aux besoins de son utilisateur, peut influencer son apprentissage. Nous avons pour cela, dans une démarche exploratoire, proposé une méthodologie d'évaluation des applications à l'aide d'un outil que nous avons développé, l'AutismGuide (Aguilar et al., soumis). A partir des critères présents dans cet outil, critères qui précisent les éléments qui doivent être pris en compte dans la conception et le développement d'applications à destination du public avec TSA, nous avons pu obtenir, pour chacune des applications utilisées auprès des enfants avec TSA, une évaluation de leur niveau de qualité. Ces évaluations ont en effet pu permettre d'identifier des niveaux variables de qualité en fonction des applications. Par exemple, l'application Voice™ a été évaluée comme étant « excellente » ce qui s'explique notamment par ses fonctionnalités de personnalisation, et l'application Autimo™ a été évaluée comme étant « mauvaise » notamment car elle ne répond pas à ces critères de personnalisation. L'ensemble des applications AMIKEO ne disposant pas du même niveau de qualité au regard des critères de l'AutismGuide (cf. p.139 pour retrouver l'ensemble des évaluations), nous pouvions supposer que la qualité des applications serait liée à la progression des enfants. Cependant, nos résultats ne montrent pas que la qualité intrinsèque des applications est en lien avec de meilleures performances des enfants avec TSA. En effet, entre le début (T0) et la fin de l'étude (T1, +12mois), les scores en communication, autonomie et socialisation n'ont pas plus augmenté pour les enfants qui ont utilisé des applications de meilleure qualité par rapport à ceux qui ont utilisé des applications de moins bonne qualité. Pourtant, nous pouvions penser que la qualité des applications a son importance, et notamment un élément majeur lié à la qualité, la personnalisation de ces outils, car les études présentées dans la revue de la littérature mettent en avant la nécessité pour les développeurs de prendre en compte, dès la phase de conception des applications, les besoins des utilisateurs (Guha et al., 2013 ; Melonio & Gennari, 2012). Les données de la littérature nous ont permis de préciser que pour répondre

à ces besoins, les applications doivent être personnalisables (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018), et doivent donc répondre à un certain nombre de « critères », critères que nous avons pu évaluer grâce à l'AutismGuide. Même si nos résultats n'ont pas permis de mettre en évidence de liens significatifs entre qualité de l'application et développement des compétences, les données des analyses descriptives nous ont cependant permis de discuter ces liens éventuels. En effet, lorsque l'application est personnalisable et qu'elle permet de s'adapter aux besoins de son utilisateur au fur et à mesure de sa progression, il semble que cela facilite grandement son apprentissage, et *a contrario*, lorsqu'elle ne dispose pas de ces fonctionnalités de personnalisation, il semble que cela fragilise la progression de l'utilisateur, comme nous avons pu le montrer avec l'illustration du cas de M. et Q. et des applications Voice™ et Autimo™ pour développer leurs compétences en communication et socialisation (cf. 6.2.2., p. 195).

Cependant, cette argumentation doit être considérée avec précaution car nous n'avons pas observé d'effet significatif entre qualité des applications et progression des enfants. Cette absence d'effet peut être considérée à la lumière de certaines limites. Tout d'abord, la faible taille de notre échantillon constitue une première limite qu'il est important de souligner. En effet, avec seulement 11 participants avec TSA il semble difficile d'obtenir une puissance statistique suffisante pour apporter des éléments de réponse concernant les liens potentiels entre la qualité des applications et les évolutions des enfants. Il est donc nécessaire de reproduire ce type d'étude avec un nombre plus important de participants. Deuxièmement, il aurait été nécessaire d'associer davantage les utilisateurs avec TSA aux évaluations des applications AMIKEO qu'ils ont eux-mêmes utilisés. Dans la phase de création de l'AutismGuide, nous avons interrogé des utilisateurs avec TSA à l'aide de notre questionnaire en ligne afin d'évaluer la pertinence des recommandations recensées dans la littérature sur la conception et le développement d'outil numériques à destination des utilisateurs avec TSA. Néanmoins, nous n'avons pas à nouveau fait appel aux utilisateurs avec TSA, c'est-à-dire aux enfants du groupe expérimental, pour qu'ils évaluent les applications AMIKEO. Comme nous avons pu le voir dans notre revue de littérature, il existe trois formes de participation : (1) les approches non participatives (les chercheurs sont informés par la théorie mais sans implication directe par des utilisateurs concernés) ; (2) la participation par procuration (les

personnes qui connaissent intimement la population d'utilisateurs) ; (3) la pleine participation (qui permet aux enfants handicapés d'avoir un impact direct sur le résultat) (Frauenberger et al., 2012). C'est cette forme de participation qui nous intéresse puisque la conception participative et collaborative centrée sur l'utilisateur (Norman & Draper, 2017) est reconnue et préconisée dans le monde informatique. Cependant, Mercier et al. (2018) précisent que les méthodes existantes et disponibles ne correspondent pas toujours aux caractéristiques des publics concernés par l'outil. L'exercice est complexe et les défis qui concernent la participation des enfants avec TSA à ces processus de conception et d'évaluation des outils numériques proviennent très certainement des difficultés rencontrées par les enfants avec TSA (Frauenberger et al., 2013), notamment lorsque ceux-ci sont non verbaux. Pour répondre à cela, Margherita et al. (2009) ont répertorié différentes méthodes et techniques (observation directe, prototype ou storyboards et personas pour ne donner que quelques exemples) qui peuvent être utiles aux phases de conception et d'évaluation des outils selon l'âge des enfants, la présence d'un TSA, ou les difficultés cognitives et de communication. Mercier et al. (2018) montrent qu'il est possible d'associer les utilisateurs avec TSA dans la conception et l'évaluation d'un outil numérique puisqu'ils l'ont fait auprès de 5 enfants âgés de 6 à 11 ans concernant l'application çaTED. Ils ont également montré l'intérêt et la nécessité d'une participation de trois types d'acteurs à la démarche d'évaluation, les enfants avec TSA, leurs aidants professionnels, et un ingénieur. Selon le type d'acteurs, les regards étaient différents et les données recueillies également. A l'avenir, il serait donc intéressant d'associer les utilisateurs avec TSA à notre démarche d'évaluation d'applications. Pour cela, il est nécessaire d'adapter notre méthodologie et de proposer des techniques correspondant à des enfants avec TSA présentant des difficultés de communication.

Malgré l'absence d'effet significatif concernant ces aspects liés à la qualité des applications, cette étude nous a permis de proposer, à partir d'une collaboration entre des professionnels en Sciences Humaines et Sociales et des professionnels en Sciences Informatiques, une démarche d'évaluation des outils numériques à partir d'un outil précis et rigoureux, l'AutismGuide, en cohérence avec les méthodologies d'inspection des interfaces numériques (Scapin & Bastien, 1996), mais également au plus proche des besoins et des particularités du fonctionnement des personnes avec TSA. Cet outil est intéressant car il peut à la fois être

utilisé par des développeurs qui souhaiteraient identifier les problèmes d'utilisabilité et d'interface d'une application pour prioriser leurs actions de développement et de mises à jour de cette application ; mais également par des utilisateurs avec TSA ou leurs aidants (familiaux ou professionnels) pour les guider dans leur choix d'applications parmi le panel des solutions possibles. L'intégration d'une échelle d'adjectif (Bangor et al., 2009) à cette évaluation est également très intéressant car cela rend l'évaluation de l'application très facilement interprétable pour quiconque souhaite l'utiliser et juger la qualité d'un outil numérique au regard des critères attendus pour un public avec TSA. Le fait de respecter ces recommandations devrait nous permettre d'aboutir à des outils numériques plus adaptés et efficaces. Dans cet objectif et la continuité de ces travaux, nous avons pour projet de développer une extension de cet AutismGuide, en créant une plateforme web interactive nommée PLAIRE pour Platform Autism Instrument of Recommendations. Les recommandations de l'AutismGuide pour guider la conception, le développement et l'évaluation d'outil numérique adaptés aux personnes atteintes de TSA seront intégrées à cette plateforme en ligne. Le fait qu'elle soit interactive permettra à tout type d'utilisateur de suivre les instructions de la plateforme pour réaliser lui-même une évaluation d'une application ou de tout autre outil numérique à destination du public avec TSA. Avec de tels outils, l'AutismGuide et son extension avec la plateforme interactive web PLAIRE, nous pouvons imaginer que cela favorisera le développement d'outils numériques répondant aux besoins des personnes atteintes de TSA, mais également que cela guidera les utilisateurs et leurs aidants dans leurs choix d'outils numériques et que ceci sera bénéfique au développement des compétences du public avec TSA. De futures recherches pourraient ensuite être menées avec un double objectif. Premièrement évaluer les effets de l'utilisation de l'AutismGuide et de sa plateforme PLAIRE sur les processus de développement d'outils numérique en adéquation avec les besoins des personnes avec TSA. Deuxièmement, évaluer les effets de l'utilisation de ces deux outils sur les choix d'outils numériques dans les programmes d'accompagnement des personnes avec TSA et ainsi sur le développement de leurs compétences.

L'ensemble des résultats de cette première étude, concernant à la fois les effets d'un outil numérique et la qualité de ce dernier, doivent être considérés à la lumière de plusieurs

limites qui méritent d'être soulignées. Premièrement, malgré le fait que nous ayons cherché à répondre à l'une des principales limites de la littérature concernant la faible taille des échantillons (Koumpouros & Kafazis, 2019), nous sommes obligés de constater une mortalité expérimentale importante entre le début (N=43) et la fin de l'étude (N=22). Réaliser une recherche action et participative au sein du contexte de vie habituel présente de nombreux avantages, mais également des inconvénients (contraintes institutionnelles, turn-over des professionnels, manque d'implication ou de régularité de remplissage des fiches de suivi, ou absence des enfants) dont nous n'avons pas mesuré l'ampleur et donc les répercussions sur la rigueur méthodologique qu'implique une recherche. Deuxièmement, concernant notre design expérimental, nous pouvons discuter des durées d'accompagnement de chacun des enfants au cours de l'année d'étude. Rappelons que ces derniers étaient accompagnés 3 fois par semaine lors de séance de travail d'une durée d'environ 15 minutes pour travailler des compétences dans les trois domaines ciblés. Le choix de ces durées a été fait sur la base des durées rapportées dans les études précédemment citées en revue de la littérature. En moyenne, les séances de travail sont réalisées 2 à 4 fois par semaine pour une durée de 5 à 25 minutes (Achmadi et al., 2012 ; Hammond et al., 2010 ; Holt & Yuill, 2017 ; van der Meer, Didden, et al., 2012). Or notre constat *in fine* est que pour créer le contexte le plus favorable possible au développement des compétences de tels enfants (présence d'une déficience intellectuelle et d'une sévérité d'autisme importante), il serait plus judicieux de pouvoir les accompagner de façon plus intensive. Tel était notre souhait mais les difficultés d'implication et d'organisation du protocole dans les différentes équipes des dix établissements et services nous ont amené à réduire nos objectifs initiaux et ne nous ont pas permis d'imposer un accompagnement plus important en termes de nombre et de durée des séances. Il eût fallu sans doute encourager bien davantage en amont, la dynamique de recherche auprès des professionnels et des équipes pour mieux les familiariser avec ce que préconisent les recommandations de bonnes pratiques de mars 2012 à propos des interventions éducatives et thérapeutiques chez l'enfant et l'adolescent. En effet, le fait que ces professionnels soient sensibilisés à l'intérêt de ces recherches-actions pour leurs pratiques, mais aussi à l'intérêt de leurs contributions au développement des connaissances au bénéfice des personnes qu'ils accompagnent devrait favoriser leur implication et réduire les limites évoquées

précédemment. Mais ceci prend du temps et demande des moyens humains que nous n'avons pas pu toujours déployer sur les dix établissements et services, qui plus est, géographiquement éloignés et n'interagissant pas au sujet de la recherche en dehors de mon implication.

CHAPITRE 4. Etude 2 – Utiliser l’outil numérique Logiral TM pour ralentir un dessin animé et tester l’effet des vitesses de présentation sur les comportements, l’exploration visuelle et la compréhension d’enfants avec TSA : une étude avec micro-analyse des comportements et en eye-tracking

1. Préambule : rappel du cadre théoriques, objectifs et hypothèses générales

Parmi les modèles explicatifs du trouble du spectre de l’autisme plaçant les expériences sensorielles comme étant au cœur du syndrome, le modèle des Désordres du Traitement Temporo-Spatial (DTTS, Gepner, 2014) met en lumière un défaut de perception et d’intégration temporelle des informations multisensorielles dynamiques rapides. Ce défaut de traitement perceptif chez les personnes avec autisme rendrait compte du fait que le monde va trop vite pour elles, ou change trop rapidement, générant en cascade les principaux symptômes observés dans le TSA, comme un mauvais décodage du regard, des intentions ou des états mentaux d’autrui (Baron-Cohen et al., 1995) ou encore une mauvaise lecture des émotions d’autrui (Hobson et al., 1988). Ainsi, l’hypothèse de ralentir les stimuli de l’environnement pour aider les personnes avec TSA à mieux les percevoir et les traiter, et ainsi être plus ajustées dans leurs interactions et communications sociales a émergé (Gepner, 2014 ; Gepner et al., 2010 ; Gepner & Tardif, 2009). Afin de tester cette hypothèse, les chercheurs ont développé un logiciel de ralentissement, LogiralTM (Tardif & Gepner, version PC, 2012 ; version tablette, 2014) permettant de ralentir le son et l’image de films présentés sur un écran. Ceci s’inscrit dans ce que l’on nomme les « *technology-based treatment* ».

Les bénéfices du ralentissement des séquences dynamiques ont été mesurés dans une série d’études qu’ils ont menées. On note alors des améliorations en : reconnaissance de mimiques émotionnelles et non émotionnelles (Gepner et al., 2001 ; Tardif et al., 2007) ; en imitation vocale (Lainé et al., 2011) ; dans le traitement des informations auditives verbales (Tardif et al., 2002) ; pour le maintien de l’attention (Meiss et al., 2015). Une diminution des

comportements inadaptés est également observée à la suite d'une présentation d'une narratrice racontant une histoire ou de dessins animés en vitesse ralentie (Charrier, 2014 ; Meiss et al., 2015). Les travaux en oculométrie mettent aussi en avant une amélioration de l'exploration visuelle du visage (davantage de fixations sur les yeux et la bouche) lors de la présentation de séquences filmées ralenties (Tardif, Charrier & Gepner, 2016).

Ces recherches mettent en avant les effets bénéfiques du ralentissement sur les comportements de personnes avec TSA, mais présentent tout de même certaines limites. Les études concernent un faible échantillon de personnes avec TSA (une seule auprès de 19 participants, Charrier, 2014), il est donc pertinent de les répliquer avec un nombre plus important d'individus afin d'en généraliser les résultats. De plus, ces études ont mis en évidence des effets bénéfiques du ralentissement sur certains comportements d'enfants avec TSA, comme un meilleur maintien de l'attention ou une diminution des comportements inadaptés (Charrier, 2014 ; Meiss et al., 2015). Il paraît essentiel de continuer les investigations à ce sujet auprès d'enfants présentant un TSA avec une déficience intellectuelle associée car ils représentent 50 à 70% de la population avec TSA (Tardif & Gepner, 2019), et que l'attention et les comportements inadaptés sont des difficultés majeures qu'ils rencontrent au quotidien comme nous pouvons le voir dans les établissements médico-sociaux partenaires de la présente étude. En outre, les travaux antérieurs portant sur les effets du ralentissement sur les comportements d'exploration visuelle menés en oculométrie sont encore restreints (Charrier, Tardif et Gepner, 2016 ; Tardif, Charrier et Gepner, 2016 ; Cilia et al., 2017 ; Godde, 2017). Il est pourtant essentiel de poursuivre ces recherches car cette technique nous permet, à l'aide de l'enregistrement des mouvements oculaires, d'apporter un éclairage sur le traitement visuel dans le TSA, que l'on sait atypique (Frazier et al., 2017). Et donc, si le ralentissement favorise un maintien de l'attention et une diminution des comportements inadaptés, des personnes avec TSA, ne devrait-il pas alors également favoriser une meilleure exploration visuelle ? Et si le ralentissement permet de mieux percevoir les indices, notamment sociaux, présentés à l'écran lors de séquences ralenties, ne devrait-il pas favoriser leur compréhension des scènes présentées ? Ces questions n'ont pas encore fait l'objet d'études avec une population d'enfants avec TSA et une déficience intellectuelle associée, comme c'est le cas pour la population des établissements concernés ici dans notre travail.

Pour tenter de répondre à ces interrogations, la présente étude a pour **objectif d'évaluer les effets de différentes vitesses de présentation d'un dessin animé sur les comportements, l'exploration visuelle, et la compréhension d'enfants avec TSA**. Ces derniers visionnent les séquences filmées dans trois vitesses de présentations différentes : **vitesse « temps réel » dite 100%, vitesse lente (70% de la vitesse « temps réel »), vitesse très lente (50% de la vitesse « temps réel »)**. L'enjeu de ce travail est donc de mesurer les effets de différents degrés de ralentissement, à l'aide d'une micro-analyse des comportements des enfants filmés d'une part, et d'autre part, de leur exploration visuelle grâce à l'oculométrie. Nous posons **les hypothèses générales** suivantes :

- **Hypothèse générale n°1 : les enfants avec TSA présentent une diminution des comportements inadaptés lors de la présentation ralentie des scènes animées en comparaison à une présentation en vitesse « temps-réel »**

- **Hypothèse générale n°2 : les enfants avec TSA présentent une amélioration de leur exploration visuelle des scènes animées lorsque la présentation est ralentie, en comparaison à une présentation en vitesse « temps-réel »**

- **Hypothèse générale n°3 : les enfants avec TSA présentent une meilleure compréhension des scènes animées lorsque la présentation est ralentie, en comparaison à une présentation en vitesse « temps-réel »**

Ces hypothèses générales sont opérationnalisées au paragraphe 4. de ce chapitre (« Opérationnalisation des hypothèses », p.252), lorsque nous aurons décrit en détail le protocole expérimental et la méthodologie de recueil de données permettant de tester nos hypothèses. Une présentation détaillée de ces éléments est donnée dans les parties suivantes.

2. Procédure et design expérimental

2.1. Elaboration de la procédure expérimentale

Afin de répondre à notre objectif portant sur la diminution des comportements inadaptés et la meilleure compréhension des scènes des enfants avec TSA à la suite de la présentation ralentie, nous avons créé une **grille d'observation** afin d'observer les comportements de ces enfants filmés au cours de la passation. Cette grille d'observation est construite sur la base des éléments suivants :

- (1) les items de l'échelle d'observation de comportements dits « positifs » et « inappropriés », pour voir les effets d'une exposition à des séquences vidéo ralenties auprès de quatre enfants avec TSA sévère (Meiss et al., 2015) ;
- (2) les travaux de Test & Cornelius-White (2013) sur les interactions lors de jeux libre en maternelle chez les enfants typiques ;
- (3) des items joints sur la base de nos propres observations de cette population d'étude.

A partir de cette grille, 36 comportements peuvent être observés. Ces derniers sont répartis en cinq grandes catégories, à savoir :

- Des comportements d'attention

L'attention visuelle de l'enfant peut être dirigée vers l'activité, vers un adulte sollicitant ou non (celui-ci peut-être l'adulte-chercheur positionné à sa gauche ou bien l'adulte-professionnel accompagnant positionné en retrait à sa droite), ou bien sur tout autre chose qui n'est pas en lien avec l'activité proposée. En effet, l'enfant peut être considéré comme inattentif à la tâche lorsqu'il regarde ailleurs.

- Des comportements verbaux, vocaux et d'imitation

Les énoncés (comportements verbaux, vocaux ou d'imitation) peuvent être adressés à un adulte sollicitant ou non (à nouveau l'adulte chercheur et/ou professionnel), ou bien à l'adulte-virtuel s'adressant à lui au moment des questions. Lorsque l'enfant parle seul ou émet un son seul de façon non contingente, cela fait référence à des monologues ou des

commentaires. Nous relevons également les comportements d'imitation verbale ou d'écholalies.

- Des comportements gestuels

Les gestes des enfants sont aussi codés. Dans cette catégorie, nous faisons la distinction entre de simples gestes et ceux à visée communicative, mais aussi entre les comportements d'initiation et les comportements de réponse. L'imitation gestuelle est également un comportement que nous relevons.

- Des comportements inappropriés

La catégorie des comportements inappropriés fait référence à tout type de comportements qui peuvent interférer avec le suivi de l'activité proposée ou bien aller jusqu'à l'arrêter. Cela peut être des stéréotypies, des autostimulations, de l'agitation, etc.

- Des expressions faciales

Enfin, le codage des comportements relatifs à la catégorie des expressions faciales doit pouvoir nous renseigner sur l'émotion ou le ressenti exprimé par l'enfant au cours des différents moments de la passation.

Le Tableau 12 présente l'ensemble de cette grille d'observation, et l'Annexe 16 les détails des éléments attendus pour chacun de ces 36 comportements identifiés.

Tableau 12. Grille d'observation permettant le codage des comportements

Comportements attentionnels	Regarde l'activité Regarde l'adulte-chercheur sollicitant Regarde l'adulte-chercheur non sollicitant Regarde l'adulte-professionnel sollicitant Regarde l'adulte-professionnel non sollicitant Inattention à la tâche Regard incodable
Comportements verbaux, vocaux et d'imitation	Parle à l'adulte-chercheur sollicitant Parle à l'adulte-chercheur non sollicitant Parle à l'adulte-professionnel sollicitant Parle à l'adulte-professionnel non sollicitant Parle à l'adulte-virtuel sollicitant Parle à l'adulte-virtuel non sollicitant Parle (seul) de façon non contingente Emet un son en direction de l'adulte-chercheur sollicitant Emet un son en direction de l'adulte-chercheur non sollicitant Emet un son en direction de l'adulte-professionnel sollicitant Emet un son en direction de l'adulte-professionnel non sollicitant Emet un son en direction de l'adulte-virtuel sollicitant Emet un son en direction de l'adulte-virtuel non sollicitant Emet un son (seul) de façon non-contingente Imitation vocale Echolalies Enoncé incodable
Comportements gestuels	Geste communicatif Geste sans but communicatif Pointage-réponse Pointage-initiative Imitation gestuelle Geste incodable
Comportements inappropriés	Stéréotypies, autostimulations, agitation, etc. qui perturbent ou stoppent l'activité
Expressions faciales	Joie Surprise Peur Tristesse Colère

L'une des étapes concernant la construction de cette étude a ensuite été la question du **choix concernant le matériel**. Concernant l'oculomètre, nous avons eu recours à un outil disponible au sein de la plateforme H2C2 (Aix Marseille Université, CRISIS, Aix-en-Provence, France), l'*oculomètre binoculaire SMI RED-n* permettant d'enregistrer les mouvements oculaires tels que les fixations et les saccades. Le capteur oculométrique est une barre, disposé en bas de l'écran grâce à une accroche magnétique, sur laquelle des diodes sont disposées sur les extrémités. Ces diodes envoient de la lumière infrarouge dans les yeux du participant. Des capteurs d'images enregistrent le reflet infrarouge réfléchi par la cornée et la pupille de chaque œil. L'emplacement et la taille de la pupille sont échantillonnés à une fréquence de 60 Hz signifiant que soixante données par seconde sont enregistrées pour que chaque œil. Cet outil non invasif à l'avantage d'être robuste et de tolérer des mouvements de têtes très amples, ce qui est un atout majeur lors de son utilisation auprès de personnes avec TSA ainsi qu'auprès de jeunes enfants. Le logiciel « Experiment Center », installé sur l'ordinateur et raccordé à l'oculomètre, permet la création du design expérimental proposé aux participants.

Concernant le matériel nécessaire à cette étude, le choix du *support vidéo* présenté sur l'écran d'ordinateur a également fait l'objet de réflexions. Il était en effet important que ce support vidéo corresponde à l'ensemble de notre échantillon, c'est-à-dire des enfants allant de 3 à 16 ans au moment du recrutement, et avec des âges de développement en communication réceptive compris entre 1 an et 5 ans et 3 mois. Une fois ce support vidéo choisi, il a fallu l'étudier dans le détail afin de déterminer les séquences et extraits vidéo qui seraient présentés aux enfants. Afin de favoriser le traitement des données en oculométrie, ces séquences devaient répondre à plusieurs critères tels que : ne faire apparaître que deux ou trois personnages à l'écran en même temps, avoir un arrière-plan assez épuré, ou encore ne durer qu'une minute environ pour les capacités attentionnelles des enfants, et la répétition des séquences avec les différentes vitesses. La présentation de ce support vidéo est développée au point 2.2. Design expérimental. Ces extraits vidéo sont ralentis à l'aide du logiciel de ralentissement Logiral™ (Tardif & Gepner, version PC 2012). Ce logiciel, disponible gratuitement, permet de ralentir des vidéos, sans déformation acoustique ni visuelle (Figure 60)

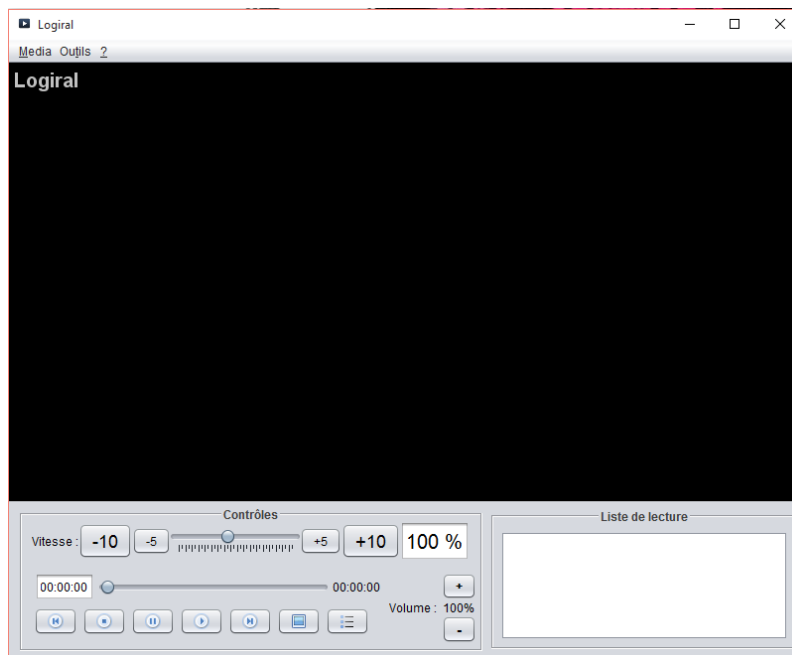


Figure 60. Interface Logiral PC (Tardif & Gepner, 2012)

Ensuite, et comme indiqué plus haut, dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à deux aspects des compétences des enfants avec TSA : les comportements d'exploration visuelle et la compréhension des scènes. Une fois ces extraits vidéo choisis, nous avons travaillé sur la construction de *questions de compréhension et leurs modalités de réponse* à proposer aux enfants à la suite du visionnage des extraits vidéo. Deux éléments étaient importants à prendre en compte : le contenu des vidéos et le profil de chacun des enfants (sur le plan fonctionnel et émotionnel). Ceci nous a amené à déterminer deux types de questions : une question sur les émotions ressenties par les personnages ; et une sur des éléments contextuels. Les modalités de réponse ont également été travaillées en fonction de ces critères : nous présentons aux enfants trois modalités de réponse à l'écran, ainsi qu'en pictogrammes. Les enfants pourront répondre en pointant un des pictogrammes, ou bien en fixant l'une des modalités de réponse à l'écran (les données remontées par l'oculomètre indiquant l'item qui aura été fixé le plus longtemps, ou visité le plus souvent, sera considéré comme étant la réponse de l'enfant).

Afin de mettre en place les passations du dispositif en eye-tracking, et d'accueillir dans un même lieu les enfants avec TSA participant à cette étude pour le respect de la luminosité, des conditions d'expérimentation, de la calibration de l'oculomètre, nous avons conçu une

journée organisée autour d' « **ateliers ludiques et de recherche** » sur la découverte des sens. En effet, grâce à ce dispositif, les professionnels des établissements se sont rendus disponibles pour accompagner les enfants avec TSA dans le cadre de cet atelier, et les enfants étaient mobilisés sur des activités éducatives et ludiques pendant que l'un de leur camarade participait à la passation en oculométrie. Dans cette optique, nous avons diffusé une lettre d'information aux familles des enfants accueillis dans les différents services : une feuille d'information et de consentement (Annexe 17). Les enfants avec TSA ont été retenus suite aux critères suivants : avoir reçu un diagnostic d'autisme selon les critères de la CIM 10 ou du DSM IV-TR ou de TSA selon les critères du DSM 5 ; avoir obtenu le consentement libre et éclairé des familles pour que leur enfant participe à cette étude, comme pour l'étude 1. Les enfants pour lesquels nous avons eu un retour positif des familles ont été inclus dans cette étude (N=43). Nous avons eu des demandes supplémentaires concernant la participation de sept enfants avec TSA (auprès de l'ensemble des partenaires inclus dans cette recherche) pour cette étude seulement. Finalement, un total de 50 enfants avec TSA a été recruté pour cette étude.

La **méthodologie** est la suivante : nous proposons à l'ensemble des enfants de visionner des extraits d'un dessin animé. Ces passages sont présentés en vitesse normale, en vitesse ralentie, et en vitesse très ralentie. Pendant qu'il visionne les vidéos, nous enregistrons ses comportements à l'aide d'une caméra, ainsi que le suivi de son regard à l'aide de l'oculomètre. A la fin de ces présentations, deux questions de compréhension sont posées à l'enfant. L'expérimentatrice (la doctorante) est positionnée à gauche de l'enfant pour l'accompagner tout au long de la passation et recueillir ses réponses à la suite des deux questions. Ce protocole a été pré-testé auprès de différents adultes et enfants au développement typique avant de le proposer aux enfants avec TSA. Vous trouverez au point suivant 2.2. Design expérimental, une présentation détaillée de cette méthodologie.

2.2. Design expérimental

Afin de réaliser la micro-analyse des comportements à l'aide de notre grille d'observation, une webcam externe est placée sur un trépied, derrière l'écran d'ordinateur et légèrement sur la droite de l'enfant, afin de filmer chaque participant au cours de la passation.

La Figure 61 ci-dessous présente la configuration de l'ensemble du matériel pour les passations.



Figure 61. Configuration du matériel pour la passation

Les enfants ayant un TSA sont installés devant un écran d'ordinateur sur lequel sont présentés les éléments suivants : trois extraits du dessin animé Vice-Versa (Figure 62 Walt Disney Pixar). Ce dernier raconte l'histoire de cinq personnages représentant les cinq émotions (joie, peur, dégoût, tristesse, colère) de la petite fille Riley, 11 ans. Notre choix s'est porté vers ce dessin-animé car son contenu est tout à fait adapté à notre large panel de population, mais aussi car il aborde la question des émotions, question essentielle à la bonne compréhension des échanges et interactions entre humains qui pose particulièrement difficulté aux personnes avec TSA.

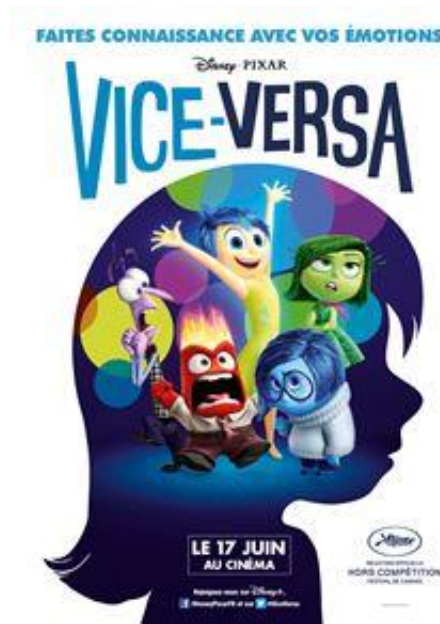


Figure 62. Affiche du dessin animé Vice-Versa

Nous avons sélectionné trois extraits de ce dessin animé (Tableau 13). Ces extraits sont d'une durée de 45 à 51 secondes et ne présentent à l'écran qu'un maximum de trois personnages, à savoir : Joie, Tristesse, et Bing Bong (l'ami imaginaire de Riley). Ce critère était important pour permettre de définir dans nos variables dépendantes (développées ci-dessous) des aires d'intérêts de qualité.

Tableau 13. Présentation des trois extraits de Vice-Versa

Extraits	Personnages	Durée
<p>N° 1 –</p> <p>La Joie :</p> <p>Rencontre avec</p> <p>Bing Bing</p>	<p>Joie</p> <p>Tristesse</p> <p>Bing Bong</p>	<p>48 sec</p>



<p>N° 2 –</p> <p>La tristesse :</p> <p>Bing Bong est triste</p>		<p>Joie 51 sec</p> <p>Tristesse</p> <p>Bing Bong</p>
<p>N° 3 –</p> <p>La peur :</p> <p>Joie et Tristesse découvre le monde des cauchemars</p>		<p>Joie 48 sec</p> <p>Tristesse</p>


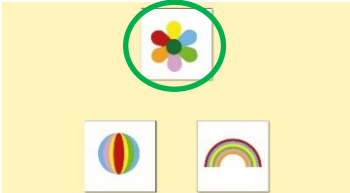


Dans chacun de ces extraits, une émotion, ressentie par un des personnages, apparaît de façon distincte, ainsi qu'un objet présent tout au long de la scène. Afin d'évaluer le niveau de compréhension de la scène présentée, nous nous sommes appuyés sur ces éléments pour proposer deux questions aux enfants à la suite de chaque extraits : une « question socio-émotionnelle » portant sur l'émotion ressentie par le personnage, ainsi qu'une « question contextuelle » portant sur la présence d'un objet au cours de la scène. Chacune de ces questions est présentée sous forme d'une vidéo au cours de laquelle apparaît une personne filmée, qui pose la question à voix haute afin de rester dans la même dynamique (Figure 63). Ainsi, la vitesse de présentation de la question est la même que la vitesse de présentation de l'extrait vidéo qui la précède.





Figure 63. Question posée à la suite de l'extrait vidéo

Ces questions sont suivies d'une planche présentant trois modalités de réponse possibles (Tableau 14). Elles apparaissent à l'écran pour une durée de 7000 ms.

Tableau 14. Questions et réponses présentées suite à la diffusion des extraits vidéo

Extrait	Question socio-émotionnelle	Réponses	Question contextuelle	Réponses
N°1 – La joie	Comment elle se sent Joie ?		Qu'est-ce qu'il porte Bing Bong ?	
N°2 – La tristesse	Comment il se sent Bing Bong ?		Qu'est-ce qu'elle porte Joie ?	

N°3 – La peur	Comment elle se sent Joie ?		Qu'est-ce qu'elles ont vu Joie et Tristesse ?	
------------------	--------------------------------	---	--	---

Une séquence est ainsi composée des éléments suivants : un extrait du dessin-animé Vice-versa ; une question socio-émotionnelle ; une planche présentant trois modalités de réponse ; une question contextuelle ; une planche présentant trois modalités de réponse.

Afin d'étudier les effets de la présentation ralentie, nous présentons chacun des extraits (vidéo + questions) dans trois vitesses différentes : en vitesse réelle (V100) ; en vitesse ralentie (V70) qui correspond à l'extrait vidéo ralenti à 30% de la vitesse réelle (V100) ; en vitesse très ralentie (V50) qui correspond à l'extrait vidéo ralenti à 50% de la vitesse réelle (V100). Le logiciel de ralentissement Logiral™ (Tardif & Gepner, version PC, 2012) a été utilisé pour ralentir la vitesse des extraits vidéo. Ces vitesses ont été déterminées par rapport aux résultats des études précédentes ayant montré un bénéfice des vitesses lentes et très lentes (V70 et V50). Le Tableau 15 ci-dessous présente la durée de chacun des stimuli en fonction de la vitesse de présentation.

Tableau 15. Durée (en secondes) des vidéo pour chaque stimulus

Stimuli	Durée (en secondes)		
	V100	V70	V50
N°1 – La joie	48	68	96
N°2 – La tristesse	51	73	102
N°3 – La peur	45	64	90

Les trois extraits du dessin-animé Vice-versa (n°1 la joie, n°2 la tristesse et n°3 la peur) étant chacun présenté dans trois vitesses différentes (V100, V70 et V50) chaque enfant regarde un total de neuf vidéos. L'ordre de présentation de ces vidéos (extraits, questions socio-émotionnelles, et questions contextuelles) a été randomisé afin de s'assurer que les enfants

visionnent ces différents stimuli de façon aléatoire. Concernant les planches présentant les trois modalités de réponse possibles aux questions, la disposition de chacune de ces modalités de réponse a elle aussi été randomisée. Un total de douze combinaisons étant possibles, ces dernières ont été présentées de manière aléatoire aux enfants afin d'éviter un effet d'apprentissage qui serait lié au positionnement de la réponse sur cette planche. Cette randomisation des différents stimuli a été répétée afin de constituer cinq protocoles différents via le logiciel d'expérimentation « Experiment Center » (Annexe 18). La présentation de l'un ou l'autre de ces protocoles a été attribuée de façon aléatoire aux enfants au fur et à mesure des passations. La durée totale d'une passation était ainsi d'environ quinze minutes. Pour exemple, voici ci-dessous un Tableau 16 décrivant le déroulé du protocole 1.

Tableau 16. Présentation des différents stimuli du Protocole 1

Extraits	Question	Réponses	Question	Réponses
N°1 100	Comment elle se sent Joie ?	Contente	Qu'est-ce qu'il porte Bing Bong ?	Une fleur
N°2 70	Comment il se sent Bing Bong ?	Triste	Qu'est-ce qu'elle porte Joie ?	Un sac
N°3 50	Qu'est-ce qu'elles ont vu Joie et Tristesse ?	Un brocoli	Comment elle se sent Joie ?	Contente
N°1 70	Comment elle se sent Joie ?	Contente	Qu'est-ce qu'il porte Bing Bong ?	Une fleur
N°3 100	Qu'est-ce qu'elles ont vu Joie et Tristesse ?	Un brocoli	Comment elle se sent Joie ?	Contente
N°2 50	Comment il se sent Bing Bong ?	Triste	Qu'est-ce qu'elle porte Joie ?	Un sac
N°3 70	Qu'est-ce qu'elles ont vu Joie et Tristesse ?	Un brocoli	Comment elle se sent Joie ?	Contente
N°2 100	Qu'est-ce qu'elle porte Joie ?	Un sac	Comment il se sent Bing Bong ?	Triste
N°1 50	Comment elle se sent Joie ?	Contente	Qu'est-ce qu'il porte Bing Bong ?	Une fleur

Afin d'étudier les comportements d'exploration visuelle des enfants sur les extraits vidéos (RBB, BBT, MC), nous avons déterminé des aires d'intérêts dynamiques grâce au logiciel d'analyse des données « BeGaze ». Ces aires d'intérêts (Area Of Interest, AOI) concernent les zones suivantes : visage et corps des personnages, ce que nous appelons les « AOI sociales » ; et l'objet de la question contextuelle ainsi qu'une zone « autre » faisant référence au décor, que nous appelons les « AOI non sociales ». Une illustration de ces aires d'intérêts par extrait vidéo est présentée sur la Figure 64. Chaque zone a été ajustée image par image en fonction de l'avancée de la vidéo. La durée totale des fixations sur ces zones d'intérêts ont été enregistrés.

Extraits	AOI « sociales » visage et corps personnages	AOI « non sociales » objet et zone autre
N°1 – La joie		
N°2 – La tristesse		
N°3 – La peur		

Figure 64. Zones d'intérêts présentant le visage et le corps des personnages, et l'objet de la question contexte

3. Population et recueil des données

Pour rappel, nous avons recueilli un consentement libre et éclairé de participation à cette étude pour 50 enfants avec TSA, et **49 passations** ont finalement été réalisées. Comme cela a été décrit plus haut, ces 49 passations ont été filmées afin de pouvoir ensuite réaliser une **micro-analyse des comportements**. Cette micro-analyse a pu être réalisée pour **44 enfants avec TSA**, 5 ayant dû être exclus car la passation était trop coûteuse en termes d'attention, ils présentaient des troubles du comportement, ou ont refusé de participer. Les 44 enfants en revanche ont pu assister à l'ensemble de la passation, c'est-à-dire qu'ils ont regardé les trois extraits vidéo présentés en trois vitesses, suivis des temps de questions socio-émotionnelles et contextuelles.

Voici dans le Tableau 17 ci-dessous, la présentation des 44 enfants avec TSA ayant participé à notre étude portant sur les effets de la présentation ralentie d'un dessin animé sur leurs comportements.

Tableau 17. Caractéristiques de la population d'enfants avec TSA pour les données comportementales

	Enfants avec TSA
Effectif	N = 44
Sexe	11 F / 33 G
Age réel	
Moyen (en mois) ± Ecart-type	M = 111,93 ± 44,35
Etendue (mois/année;mois) : Minimum - Maximum	41 – 207 / 3 ; 5 – 17 ; 3
Sévérité autisme (CARS-T)	
Score moyen ± Ecart-type	36,27 ± 6,03
Etendue : Minimum - Maximum	30 – 50,5
Légèrement à moyennement autistique (nombre d'enfants avec un score entre 30 et 36)	N = 25
Sévèrement autistique (nombre d'enfants avec un score entre 36,5 et 60)	N = 19
Age de développement (VINELAND-II)	

Age en communication réceptive

Score moyen (en mois) ± Ecart-type	29,25 ± 14,38
Etendue (mois/année;mois) : Minimum - Maximum	12 – 63 / 1 ; 0 – 5 ; 3

Age en communication expressive

Score moyen (en mois) ± Ecart-type	29,93 ± 17,86
Etendue (mois/année;mois) : Minimum - Maximum	12 – 88 / 1 ; 0 – 7 ; 4

Profil sensoriel (version abrégée de Dunn)	Performance typique	Performance atypique (différence probable et avérée)
N = nombre d'enfants avec TSA		
Sensibilité tactile	N = 19	N = 25
Sensibilité au goût/à l'odorat	N = 27	N = 17
Sensibilité au mouvement	N = 27	N = 17
Hyporéactivité/Recherche de sensations	N = 21	N = 23
Filtrage auditif	N = 17	N = 27
Manque d'énergie/Faible	N = 20	N = 24
Sensibilité visuelle/auditive	N = 29	N = 15
TOTAL	N = 8	N = 36

Nous avons construit pour la micro-analyse des comportements, une grille présentée précédemment (p.234) recensant des comportements d'attention, des comportements verbaux, vocaux et d'imitation, des comportements gestuels et des expressions faciales. Chaque codage d'un comportement à l'intérieur d'une catégorie comportementale exclut les autres comportements de cette même catégorie. Par exemple, lorsque l'on code le regard de l'enfant vers l'activité, on ne peut coder simultanément une inattention à la tâche. Cependant, il est possible de coder, en même temps, un comportement appartenant à deux catégories comportementales différentes. Par exemple, lorsque l'on code le regard de l'enfant vers l'adulte-chercheur en comportement d'attention, il est possible de coder simultanément le geste communicatif (comportements gestuels) émis par l'enfant. Cette grille d'observation a été créée sur le logiciel The Observer XT 14 (Noldus, 2016), logiciel pour la recherche comportementale qui permet d'analyser des comportements. Suite à l'enregistrement vidéo des passations à l'aide de la webcam externe placée en face des enfants avec TSA, les vidéos sont visionnées sur le logiciel The Observer XT 14 afin de réaliser le codage des comportements (Figure 65).

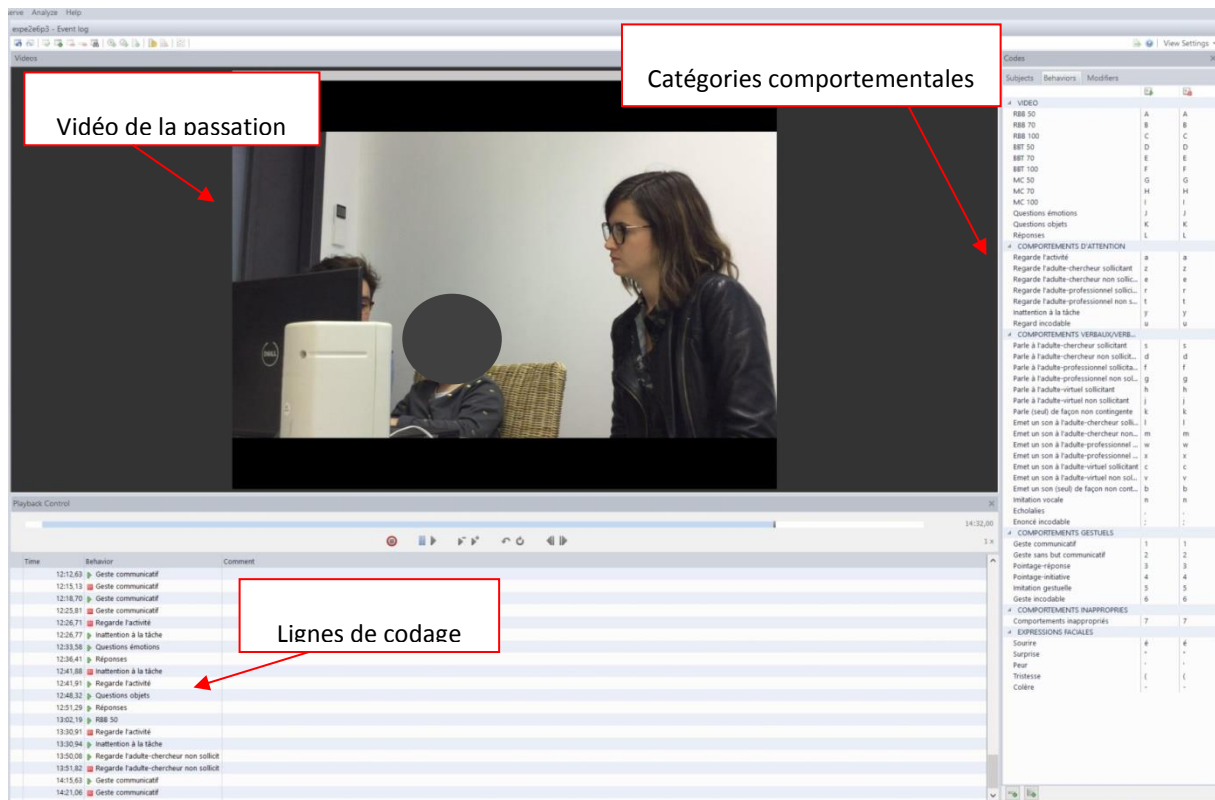


Figure 65. Codage des comportements à l'aide du logiciel The Observer XT 14

Les 44 vidéo des passations ont ainsi été codées. Un double codage a également été réalisé pour 14 vidéo (soit 30% des vidéo) par un autre codeur, Anaïs Godde (post-doctorante ayant effectué sa thèse sur le TSA et psychologue dans une Unité d'Enseignement Maternelle Autisme) connaissant bien la population étudiée. Nous avons tout d'abord codé en binôme une vidéo dans sa totalité afin de se mettre d'accord sur le codage des comportements, puis le codage a été réalisé seul pour chaque codeur. La fidélité inter-juges est de bonne qualité en ce qui concerne les occurrences ($K_{\text{happa}} = .68$; $Rho = .71$) et les durées ($K_{\text{happa}} = .83$; $Rho = .98$) des comportements.

Les données brutes, c'est-à-dire les codes des comportements, les durées (en secondes) et la time-line d'apparition, ont ensuite été extraits du logiciel The Observer XT 14 sous forme de tableaux Excel. Afin de répondre à notre question de recherche, nous avons étudié les données des comportements des enfants en fonction de la vitesse de présentation des scènes animées (« temps-réel », lente, et très lente). Une pondération de ces données brutes a été

réalisée afin de rapporter les données issues des conditions de présentation V70 et V50 (vitesses lente et très lente) à une même échelle de temps que V100 (vitesse « temps-réel »).

Pour l'**exploration visuelle à l'aide de l'oculométrie**, un enregistrement n'a pas fonctionné dans le logiciel « Be Gaze », ce qui nous amène à traiter les données pour 48 enfants. Néanmoins, sur ces 48 enfants avec TSA, seuls 27 ont été retenus pour le traitement des données car il fallait s'assurer que pour chaque enfant, nous puissions avoir :

- Un taux d'enregistrement des données au minimum de 40% par vidéo
- Un minimum de 4 vidéo regardées sur les 9
- Un taux d'enregistrement minimum de 50% sur la durée totale de la passation
- La présence des trois critères précédents, sur « le bloc des trois vitesses de présentation » pour une même vidéo (c'est-à-dire un même extrait vidéo présenté à l'enfant aux trois vitesses de présentation : V100, V70 et V50)

Voici dans le Tableau 18 ci-dessous, une présentation synthétique des caractéristiques des 27 enfants avec TSA ayant été retenus pour mesurer les effets de la présentation ralentie d'un dessin animé sur leur exploration visuelle.

Tableau 18. Caractéristiques de la population d'enfants avec TSA pour les données en oculométrie

	Enfants avec TSA
Effectif	N = 27
Sexe	8 F / 19 G
Age réel	
Moyen (en mois) ± Ecart-type	M = 109,78 ± 44,23
Etendue (mois/année;mois) : Minimum - Maximum	41 – 207 / 3 ; 5 – 17 ; 3
Sévérité autisme (CARS-T)	
Score moyen ± Ecart-type	34,5 ± 5,18
Etendue : Minimum - Maximum	30 – 50,5
Légèrement à moyennement autistique (nombre d'enfants avec un score entre 30 et 36)	N = 17
Sévèrement autistique (nombre d'enfants avec un score entre 36,5 et 60)	N = 10

Age de développement (VINELAND-II)

Age en communication réceptive

Score moyen (en mois) ± Ecart-type	33,60 ± 16,35
Etendue (mois/année;mois) : Minimum - Maximum	12 – 63 / 1 ; 0 – 5 ; 3

Age en communication expressive

Score moyen (en mois) ± Ecart-type	35 ± 19,55
Etendue (mois/année;mois) : Minimum - Maximum	11 – 88 / 1 ; 0 – 7 ; 4

Profil sensoriel (version abrégée de Dunn)

N = nombre d'enfants avec TSA

Performance
typique

Performance atypique
(différence probable et
avérée)

Sensibilité tactile	N = 14	N = 13
Sensibilité au goût/à l'odorat	N = 18	N = 9
Sensibilité au mouvement	N = 17	N = 10
Hyporéactivité/Recherche de sensations	N = 14	N = 13
Filtrage auditif	N = 11	N = 16
Manque d'énergie/Faible	N = 14	N = 13
Sensibilité visuelle/auditive	N = 19	N = 8
TOTAL	N = 5	N = 22

Nous avons eu recours à l'oculomètre *SMI RED-n* afin d'enregistrer les mouvements oculaires des enfants au cours de la passation. L'enfant est assis sur une chaise et face à lui se trouve l'écran d'ordinateur avec l'oculomètre. Afin d'ajuster le reflet cornéen avec le point de fixation fovéale et de s'assurer ainsi de la précision de l'enregistrement, une calibration en cinq points est réalisée à l'aide du logiciel « *iView* » de SMI. Dans le cadre de cette recherche, la cible du calibrage était un ballon coloré, un ours en peluche, ou une petite voiture rouge, des cibles susceptibles d'attirer l'attention des enfants. La calibration est relancée jusqu'à atteindre une précision inférieure à 1° pour chaque œil. Une fois la calibration terminée, le design expérimental est lancé à l'aide du logiciel « *Experiment center* » de SMI.

Les données les plus fréquemment étudiées dans la littérature à partir de l'eye-tracking sont les fixations, c'est donc ce que nous avons choisi d'étudier. Les fixations des enfants avec TSA sont enregistrées sur des aires d'intérêts définies a priori à l'aide du logiciel « *BeGaze* » de SMI (comme exposé au point 2.2. Design expérimental de ce Chapitre 4). Elles sont catégorisées en aires d'intérêts (ou AOI) « sociales » comprenant le visage et le corps des personnages, et

en aires d'intérêts (ou AOI) « non sociales » avec un objet et la zone du décor des scènes animées. Les données brutes, c'est-à-dire la durée totale des fixations sur ces AOI ont ensuite été extraits du logiciel « BeGaze » sous forme de tableaux Excel. Afin de répondre à notre question de recherche, nous avons étudié les données concernant l'exploration visuelle des enfants en fonction de la vitesse de présentation des scènes animées (« temps-réel », lente, et très lente). A nouveau, une pondération de ces données brutes a été réalisée afin de rapporter les données issus des conditions de présentation V70 et V50 (vitesses lente et très lente) à une même échelle de temps que V100 (vitesse « temps-réel »).

Pour **la compréhension des scènes animées**, sont inclus dans cette analyse, tous les enfants qui ont pu manifester une réponse à la suite des questions de compréhension. Cette réponse pouvait être verbale ou bien gestuelle (pointage). Dans tous les cas, elle devait être suffisamment claire pour nous permettre d'identifier précisément la réponse de l'enfant à la suite de la question de compréhension. Sur ces critères, **20 enfants avec TSA** ont pu être retenus.

Voici dans le Tableau 19 ci-dessous, une présentation synthétique des caractéristiques des 20 enfants avec TSA ayant été retenus pour mesurer les effets de la présentation ralentie d'un dessin animé sur leur compréhension des scènes animées.

Tableau 19. Caractéristiques de la population d'enfants avec TSA pour les données sur la compréhension

	Enfants avec TSA
Effectif	N = 20
Sexe	5 F / 15 G
Age réel	
Moyen (en mois) ± Ecart-type	M = 116,9 ± 40,2
Entendue (mois/année;mois) : Minimum - Maximum	53 – 207 / 4 ; 5 – 17 ; 3
Sévérité autisme (CARS-T)	
Score moyen ± Ecart-type	32,6 ± 3,37
Entendue : Minimum - Maximum	30 – 40,5

Légèrement à moyennement autistique (nombre d'enfants avec un score entre 30 et 36) N = 15

Sévèrement autistique (nombre d'enfants avec un score entre 36,5 et 60) N = 5

Age de développement (VINELAND-II)

Age en communication réceptive

Score moyen (en mois) ± Ecart-type 39 ± 12,93

Entendue (mois/année;mois) : Minimum - Maximum 18 – 63 / 1 ; 1 – 5 ; 3

Age en communication expressive

Score moyen (en mois) ± Ecart-type 41,6 ± 18,37

Entendue (mois/année;mois) : Minimum - Maximum 12 – 88 / 1 ; 0 – 7 ; 4

Profil sensoriel (version abrégée de Dunn)

N = nombre d'enfants avec TSA

Performance typique
Performance atypique (différence probable et avérée)

Sensibilité tactile	N = 11	N = 9
Sensibilité au goût/à l'odorat	N = 15	N = 5
Sensibilité au mouvement	N = 12	N = 8
Hyporéactivité/Recherche de sensations	N = 10	N = 10
Filtrage auditif	N = 7	N = 13
Manque d'énergie/Faible	N = 11	N = 9
Sensibilité visuelle/auditive	N = 15	N = 5
TOTAL	N = 3	N = 17

Comme indiqué au point 2.2. Design expérimental de ce Chapitre 4, nous avons présenté aux enfants deux questions de compréhension à la suite des extraits vidéo, une « question socio-émotionnelle » et une « question contextuelle », par l'intermédiaire d'une vidéo. Les modalités de réponse à ces questions ont ensuite été présentées aux enfants à l'écran sous forme d'une planche sur laquelle se trouve trois possibilités de réponse. L'expérimentatrice, positionnée à gauche de l'enfant, recueille ses réponses selon ses possibilités d'expression (comportement verbal et/ou comportement gestuel comme un pointage). Ces données brutes, qui correspondent aux réponses exprimées par les enfants, ont ensuite été travaillées sur un tableau Excel et convertis en « réponse correcte » ou « réponse incorrecte ». Afin de répondre à notre question de recherche, nous avons étudié les données concernant la compréhension des enfants en fonction de la vitesse de présentation des scènes animées

(« temps-réel », lente, et très lente), et du type de questions (socio-émotionnelle et contextuelle).

Enfin, vous trouverez en Annexe 19, les données cliniques de chacun de ces enfants ayant un TSA (âge réel ; sévérité de l'autisme évaluée à la CARS-T ; âges en communication réceptive et expressive évalués à la VINELAND-II ; profil sensoriel à l'aide de la version abrégée du profil sensoriel de Dunn), tout en précisant pour quelles données et analyses ils ont été retenus.

4. Opérationnalisation des hypothèses

Pour rappel, l'**hypothèse générale n°1** est la suivante :

H1 : Les enfants avec TSA présentent une diminution des comportements inadaptés lors de la présentation ralentie des scènes animées en comparaison à une présentation en vitesse « temps-réel »

Ainsi, nous nous attendons à une diminution des comportements inadaptés qui devrait se traduire par une diminution de la durée totale des comportements inadaptés lorsque les scènes animées sont présentées au ralenti, par rapport à la présentation en « temps-réel ».

Pour rappel, l'**hypothèse générale n°2** est la suivante :

H2 : Les enfants avec TSA présentent une amélioration de leur exploration visuelle des scènes animées lorsque la présentation est ralentie, en comparaison à une présentation en vitesse « temps-réel »

Ainsi, nous nous attendons à une amélioration de l'exploration visuelle qui devrait se traduire par une augmentation de la durée totale des fixations sur les aires d'intérêts lorsque les scènes animées sont présentées au ralenti, par rapport à la présentation en « temps-réel », et plus particulièrement une augmentation de la durée totale des fixations sur les aires d'intérêt « sociales » (corps et visages) par rapport aux aires d'intérêt « non sociales » (objets et décor)

Pour rappel, l'**hypothèse générale n°3** est la suivante :

H3 : Les enfants avec TSA présentent une meilleure compréhension des scènes animées lorsque la présentation des scènes animées est ralentie, en comparaison à une présentation en vitesse « temps-réel »

Ainsi, nous nous attendons à une meilleure compréhension des scènes qui devrait se traduire par une augmentation du nombre de bonnes réponses aux questions de compréhension lorsque les scènes animées sont présentées au ralenti, par rapport à la présentation en « temps-réel ».

5. Traitements statistiques et résultats

Les analyses ont été effectuées à l'aide des logiciels JAMOVI et R. La stratégie la plus commune pour étudier l'effet d'une intervention est la comparaison de moyennes, réalisée au moyen d'une analyse de variance (ANOVA) mixte. Dans la présente étude, même si nous aurions pu réaliser une ANOVA, nous avons préféré recourir à une analyse de régression, comme pour la précédente étude, afin de maintenir un niveau de cohérence et de constance pour l'ensemble des analyses réalisées dans cette thèse. Pour chacune des analyses relatives à la micro-analyse des comportements des enfants avec TSA (hypothèse générale n°1), aux comportements d'exploration visuelle de ces mêmes enfants (hypothèse générale n°2), et à leur compréhension des scènes animées (hypothèse générale n°3), nous détaillons dans les parties suivantes le type d'analyse de régression effectué, ainsi que les principaux résultats.

5.1. Micro-analyse des comportements

Pour tester notre **hypothèse n°1**, nous avons eu recours à une analyse de régression qui possède, comme variable dépendante, la durée totale des comportements inadaptés (en secondes)¹². La variable indépendante est la vitesse, une variable catégorielle à 3 modalités

¹² Pour mener nos analyses, nous avons pris les durées totales des comportements inadaptés de notre grille d'observation, à savoir : l'inattention à la tâche, les regards incodables, les comportements

(« temps-réel » V100, « vitesse lente » V70 et « vitesse très lente » V50). De même, la sévérité d'autisme à 2 modalités (« autisme léger à modéré » et « autisme sévère ») et le profil sensoriel à 3 modalités (« performance typique », « différence probable », et « différence avérée »), ainsi que leur interaction avec la vitesse, ont été inclus parmi les variables indépendantes, pour déterminer si l'effet de la vitesse varie en fonction du profil des enfants avec TSA. La dernière variable indépendante de l'analyse est la triple interaction entre la vitesse, la sévérité d'autisme et le profil sensoriel, pour estimer la possible présence d'effets d'interactions plus complexes encore. Les variables liées à ce modèle ont été placées en Annexe 20.

De même que pour la précédente étude, il convient de noter que l'analyse effectuée dans la présente étude est une extension des analyses de régression classiques. Il s'agit en effet d'un modèle linéaire à effets mixtes (LMM). Les LMM se distinguent par leur capacité à prendre en considération le caractère hiérarchique de certaines données (Gaudart et al., 2010 ; Nelder & Wedderburn, 1972). Or, nos données possèdent un tel caractère hiérarchique. En effet, une seule variable regroupe l'ensemble des durées des comportements inadaptes des enfants. Or, ces données sont premièrement emboîtées dans le type de vitesse car, les données ont été recueillies selon trois types de vitesse (« temps-réel » V100, « vitesse lente » V70 et « vitesse très lente » V50). Toutefois, un niveau d'emboîtement encore supérieur existe dans nos données, car pour chacune des durées de comportements inadaptes recueillies, plusieurs enfants différents ont été étudiés. Ainsi, une hiérarchie à 3 niveaux s'observe dans nos données (observations emboîtées dans plusieurs types de vitesses emboîtées dans plusieurs individus), et nécessite la réalisation d'un LMM pour être prise en considération. Sans LMM, chaque observation serait considérée comme une observation recueillie auprès d'un enfant différent et avec une vitesse différente, ce qui biaiserait les résultats obtenus

inappropriés (stéréotypies, agitation, etc.), les écholalies, le fait d'émettre un son ou de parler seul de façon non contingente ; c'est-à-dire tous comportements qui perturbent la bonne réalisation de l'activité.

(Gaudart et al., 2010 ; Nelder & Wedderburn, 1972). Le modèle réalisé contient un intercept aléatoire par individu¹³.

Les résultats du modèle décrit ci-dessus sont présentés dans le Tableau 20 et dans la Figure 66. Conformément à ce qui était attendu, la présentation ralentie des scènes animées a produit une diminution de la durée des comportements inadaptés des enfants avec TSA en comparaison à une présentation en vitesse « temps-réel », comme le suggère l'effet significatif de la vitesse ($b = 0,05 ; p < 0,001$). (V100). En effet, en comparaison à une présentation des scènes animées en vitesse « temps-réel » (V100), la durée des comportements inadaptés est significativement moins importante en vitesse ralentie (V70) ($b = 1,57 ; p < 0,05$), et en vitesse très ralentie (V50) ($b = 2,25 ; p < 0,001$). Les données du Tableau 20 ci-dessous nous permettent de préciser cet effet : en moyenne, la durée des comportements inadaptés d'un enfant était de 1,57 secondes de plus en vitesse « temps-réel » par rapport à la vitesse ralentie, et de 2,25 secondes de plus par rapport à la vitesse très ralentie. Aucun autre effet en lien avec la vitesse n'est apparu statistiquement significatif, suggérant que ni l'effet moyen de la vitesse, ni son effet d'interaction avec la sévérité du TSA et le profil sensoriel n'a eu un effet sur la durée des comportements inadaptés des enfants avec TSA.

Tableau 20. Coefficient de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le LMM réalisé

Variable	b	Err. T	p
Intercept	3,07	1,07	< 0,01
Vitesse	0,05	0,01	< 0,001
Vitesse V100 – V50	2,25	0,66	< 0,001
Vitesse V70 – V50	0,68	0,63	0,28
Vitesse V70 – V100	1,57	0,67	0,02
Vitesse * Sévérité autisme	0,002	0,05	0,970
Vitesse * Profil sensoriel	0,03	0,06	0,664

¹³ Exprimé à l'aide de la notation de Wilkinson et Rogers (1973) pour les modèles linéaires, notation utilisée dans de nombreux logiciels d'analyse statistique actuels comme JAMOVI et R, le modèle est : Durée totale des comportements inadaptés ~ 1 + Vitesse + (1 | Participants).

Vitesse * Sévérité autisme * Profil sensoriel	0,10	0,10	0,322
---	------	------	-------

Note. « Err. T » = erreur type. Les effets statistiquement significatifs sont en gras.

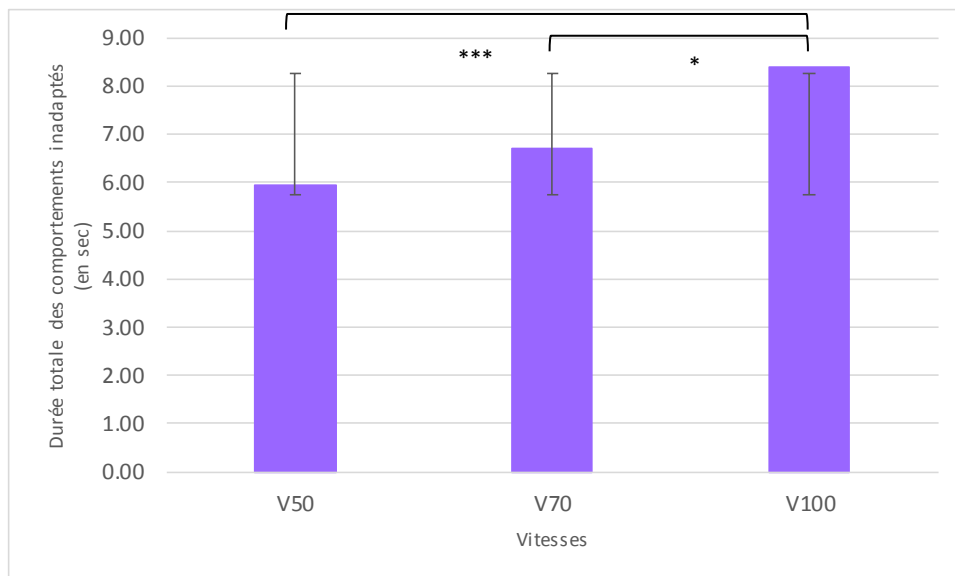


Figure 66. Durée totale des comportements inadaptés des enfants avec TSA selon la vitesse de présentation des scènes animées

Les écarts-types sont représentés par les barres verticales. *** : $p < 0.001$; * : $p < 0,05$

Ces analyses portant sur les durées totales de l'ensemble des comportements inadaptés de notre grille d'observation (à savoir : l'inattention à la tâche, les regards incodables, les comportements inappropriés (stéréotypies, agitation, etc.), les écholalies, le fait d'émettre un son ou de parler seul de façon non contingente), nous avons réalisé des analyses complémentaires afin d'étudier les effets de la présentation ralentie sur ces comportements inappropriés spécifiques. Ces analyses ont été réalisées sur le même modèle que précédemment, à savoir un modèle linéaire à effets mixtes (LMM)¹⁴.

Les résultats du modèle décrit ci-dessus sont présentés dans le Tableau 21 et dans la Figure 67. On observe un effet significatif de la vitesse de présentation sur les durées totales

¹⁴ Exprimé à l'aide de la notation de Wilkinson et Rogers (1973) pour les modèles linéaires, notation utilisée dans de nombreux logiciels d'analyse statistique actuels comme JAMOVI et R, le modèle est : Durée totale d'un comportement inadapté spécifique $\sim 1 + \text{Vitesse} + (1 | \text{Participants})$.

d'un comportement inadapté en particulier, l'inattention à la tâche ($b = 0,07$; $p < 0,001$). La présentation très ralentie (V50) des scènes animées a produit une diminution de la durée d'inattention à la tâche des enfants avec TSA plus importante que la présentation en vitesse « temps-réel » (V100), comme le suggère l'effet significatif de la vitesse ($b = 3,58$; $p < 0,001$). En comparaison avec la vitesse en « temps-réel » (V100), la vitesse lente (V70) a également produit une diminution plus importante de la durée du comportement d'inattention à la tâche des enfants avec TSA ($b = 3,14$; $p < 0,001$). Les données du Tableau 21 ci-dessous nous permettent de préciser cet effet : en moyenne, la durée des comportements d'inattention à la tâche d'un enfant était de 3,14 secondes de plus en vitesse « temps-réel » par rapport à la vitesse ralentie, et de 3,58 secondes de plus par rapport à la vitesse très ralentie.

Tableau 21. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le LMM réalisé

Variable	b	Err. T	p
Intercept	2,93	1,31	0,02
Vitesse	0,07	0,02	< 0,001
Vitesse V100 – V50	3,58	0,85	< 0,001
Vitesse V100 – V70	3,14	0,88	< 0,001
Vitesse 70 – V50	0,44	0,79	0,58

Note. « Err. T » = erreur type. Les effets statistiquement significatifs sont en gras.

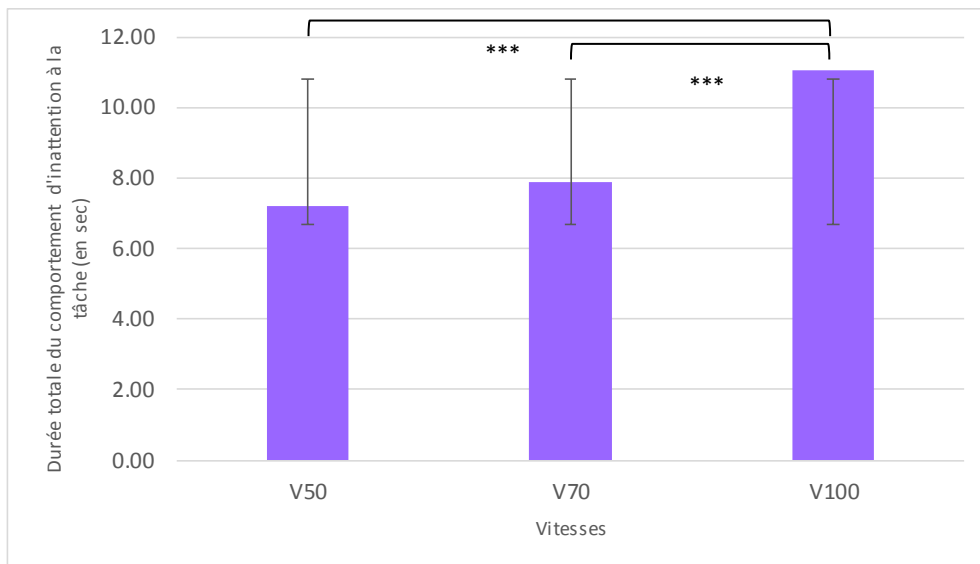


Figure 67. Durée totale du comportement d'inattention à la tâche des enfants avec TSA selon la vitesse de présentation des scènes animées.

Les écarts-types sont représentés par les barres verticales. *** : $p < 0.001$

En résumé, lorsque les enfants regardent les scènes animées en vitesse ralentie et très ralentie la durée de leurs comportements inadaptés diminue significativement comparativement aux manifestations des comportements inadaptés produits lorsque les scènes animées sont visualisées en vitesse « temps-réel ». En effet, les durées totales des comportements inadaptés des enfants avec TSA sont significativement moins importantes lorsqu'ils regardent les scènes animées en vitesse ralentie (V70) et très ralentie (V50) par rapport à la vitesse « temps-réel » (V100). Et, nous observons tout particulièrement un effet de la vitesse de présentation sur le comportement d'inattention à la tâche. En effet, les comportements d'inattention durent significativement moins longtemps lorsque les enfants regardent les scènes animées en vitesse ralentie (V70) et très ralentie (V50), et sont donc plus attentifs qu'avec la vitesse « temps-réel » (V100). Par ailleurs, nous observons cet effet quel que soit les profils des enfants avec TSA, c'est-à-dire quel que soit leur sévérité d'autisme et leur profil sensoriel, ce qui signifie que l'effet de la vitesse de présentation très ralentie s'observe chez l'ensemble de nos participants. L'hypothèse générale n°1 est ainsi validée.

5.2. Exploration visuelle à l'aide de l'oculométrie

Pour tester notre **hypothèse n°2**, un LMM a été réalisé. Celui-ci contient, comme variable dépendante, la durée totale des fixations des enfants avec TSA. La variable indépendante est la vitesse, une variable catégorielle à 3 modalités (« temps-réel » V100, « vitesse lente » V70 et « vitesse très lente » V50). De cette manière, il était possible d'estimer si la vitesse de présentation utilisée favorisait la durée de fixation des enfants avec TSA. De même, la sévérité d'autisme à 2 modalités (« autisme léger à modéré » et « autisme sévère ») et le profil sensoriel à 3 modalités (« performance typique », « différence probable », et « différence avérée »), ainsi que leur interaction avec la vitesse, ont été inclus parmi les variables indépendantes, pour déterminer si l'effet de la vitesse varie en fonction du profil des enfants avec TSA. La dernière variable indépendante de l'analyse est la triple interaction entre la vitesse, la sévérité d'autisme et le profil sensoriel, pour estimer la possible présence d'effets d'interactions plus complexes encore. Les variables liées à ce modèle ont été placées en Annexe 21. Pour les mêmes raisons que pour le précédent LMM, un intercept aléatoire par participant était aussi inclus dans le LMM¹⁵.

Les résultats du modèle décrit ci-dessus sont présentés dans le Tableau 22. Contrairement à ce qui était attendu, la vitesse de présentation n'a pas d'effet statistiquement significatif sur la durée totale des fixations des enfants avec TSA ($b = 0,028$; $p = 0,502$). Les durées totales de fixation des enfants avec TSA ne diffèrent pas entre les vitesses très lente (V50), lente (V70) et « temps-réel » (V100). Aucun autre effet en lien avec la vitesse n'est apparu statistiquement significatif, suggérant que ni l'effet moyen de la vitesse, ni son effet d'interaction avec la sévérité du TSA et le profil sensoriel n'a eu un effet sur la durée totale des fixations des enfants avec TSA.

¹⁵ Exprimé à l'aide de la notation de Wilkinson et Rogers (1973) pour les modèles linéaires, le modèle est : Durée totale des fixations $\sim 1 + \text{Vitesse} + (1 | \text{Participants})$.

Tableau 22. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés pour le LMM réalisé

Variable	b	Err. T	p
Intercept	20,72	3,15	< 0,001
Vitesse	0,028	0,04	0,502
Vitesse * Sévérité autisme	0,01	0,15	0,97
Vitesse * Profil sensoriel	-0,11	0,20	0,58
Vitesse * Sévérité autisme * Profil sensoriel	0,14	0,26	0,58

Note. « Err. T » = erreur type. Les effets statistiquement significatifs sont en gras.

Concernant les aires d'intérêts à 2 modalités (« sociales » *versus* « non sociales »), nous avons également réalisé un LMM¹⁶, dont les résultats sont présentés dans le Tableau 23 et la Figure 68. On observe des différences significatives entre les aires d'intérêts « sociales » *versus* « non sociales » ($b = 20,94$; $p < 0,001$) dans le sens d'une durée totale des fixations sur les aires d'intérêts « sociales » significativement plus importante que celle sur les aires d'intérêts « non sociales », comme on peut le lire dans le Tableau 23, un enfant regarde en moyenne 20,94 secondes de plus les aires d'intérêts « sociales » que les aires d'intérêts « non sociales ». Contrairement à ce qui était attendu, la vitesse de présentation n'a pas d'effet statistiquement significatif sur la durée totale des fixations des enfants avec TSA en fonction des aires d'intérêt ($b = -0,03$; $p = 0,69$).

Tableau 23. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le LMM réalisé

Variable	b	Err. T	p
Intercept	10,26	4,09	< 0,05
Vitesse	0,04	0,05	0,51
Aires d'intérêt	20,94	5,70	< 0,001
Vitesse * Aires d'intérêt	-0,03	0,07	0,69

Note. « Err. T » = erreur type. Les effets statistiquement significatifs sont en gras.

¹⁶ Exprimé à l'aide de la notation de Wilkinson et Rogers (1973) pour les modèles linéaires, le modèle est : Durée totale des fixations ~ 1 + Vitesse * Aires d'intérêts + (1 | Participants).

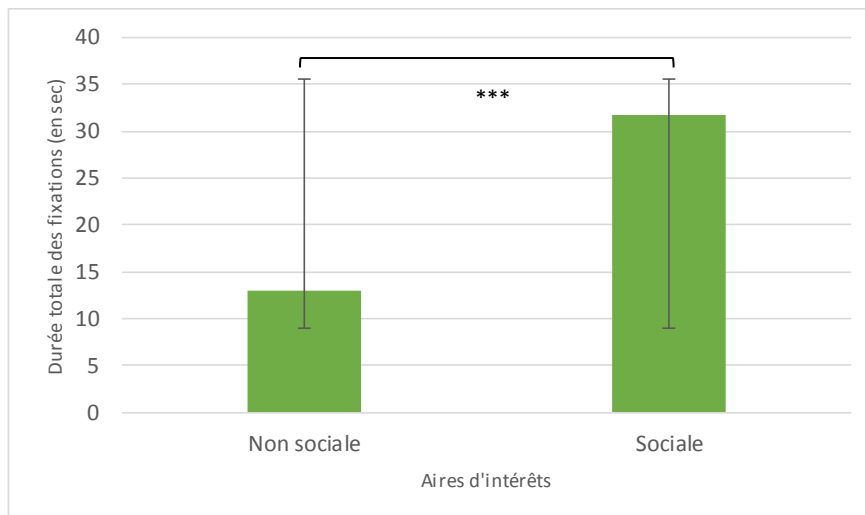


Figure 68. Durée totale des fixations des enfants avec TSA selon les aires d'intérêts
 Les écarts-types sont représentés par les barres verticales. *** : $p < 0,001$

Pour conclure, notre hypothèse n°2 portant sur l'amélioration de l'exploration visuelle lors de la présentation ralentie des scènes animées, n'est pas confirmée. En effet, la durée totale des fixations des enfants avec TSA ne diffèrent pas selon les vitesses de présentation (« temps-réel », vitesse lente et vitesse très lente). Nous observons aussi que les aires d'intérêt sociales sont significativement plus regardées que les aires d'intérêt non sociales, et ceci quel que soit la vitesse de présentation.

5.3. Compréhension des scènes animées

Afin de tester l'**hypothèse n°3**, nous avons eu recours à un Modèle Linéaire Généralisé Mixte (GLMM)¹⁷, car il s'agit d'un LMM, qui permet en plus, d'étudier des variables dépendantes dichotomiques, tel que c'est le cas pour la présente analyse puisque la variable dépendante est la suivante : « bonnes réponse » (=2) et « mauvaise réponse » (=1), qui correspond à la réponse des participants à la suite des questions de compréhension. La variable indépendante est la vitesse, une variable catégorielle à 3 modalités (« temps-réel » V100, « vitesse lente » V70 et « vitesse très lente » V50). De cette manière, il est possible d'estimer si la vitesse de présentation utilisée favorise la probabilité des enfants avec TSA de

¹⁷ Ce modèle est considéré comme une extension du modèle générale linéaire (GLM, Nelder & Wedderburn, 1972 ; McCullagh et Nelder, 1989).

donner une réponse correcte. Une variable indépendante supplémentaire concerne le type de questions à 2 modalités (« socio-émotionnelle » et « contextuelle »). De même, la sévérité d'autisme à 2 modalités (« autisme léger à modéré » et « autisme sévère ») et le profil sensoriel à 3 modalités (« performance typique », « différence probable », et « différence avérée »), ainsi que leur interaction avec la vitesse, ont été inclus parmi les variables indépendantes, pour déterminer si l'effet de la vitesse varie en fonction du profil des enfants avec TSA. La dernière variable indépendante de l'analyse est la triple interaction entre la vitesse, la sévérité d'autisme et le profil sensoriel, pour estimer la possible présence d'effets d'interactions plus complexes encore. Les variables liées à ce modèle ont été placées en Annexe 22. Pour les mêmes raisons que pour le précédent LMM, un intercept aléatoire par participant était aussi inclus dans le GLMM¹⁸.

Les résultats du modèle décrit ci-dessus sont présentés dans le Tableau 24 et la Figure 69. Contrairement à ce qui était attendu, la vitesse de présentation (toutes confondues) n'a pas d'effet statistiquement significatif sur la probabilité des enfants avec TSA de donner une réponse correcte. En effet, nous n'observons pas de différence sur les bonnes réponses des enfants, à la suite d'une présentation en vitesse très lente (V50) par rapport à une vitesse « temps-réel » (V100) ($b = -0,310$; $p = 0,375$), ou encore à la suite d'une présentation en vitesse très lente (V50) par rapport à une vitesse lente (V70) ($b = -0,249$; $p = 0,477$). Cependant, nous observons un effet statistiquement significatif de la vitesse de présentation sur la probabilité des enfants avec TSA de donner une réponse correcte en fonction du type de question ($b = 2,05$; $p < 0,005$). En effet, concernant les questions portant sur le contexte, nous observons un effet significatif entre les vitesses très lente (V50) et lente (V70) : les enfants ont plus de probabilité de donner de bonnes réponses en vitesse très lente par rapport à la vitesse lente ($p < 0,05$; Figure 69). De plus, en vitesse très lente (V50) les enfants ont plus de probabilité de donner de bonnes réponses aux questions contextuelles par rapport aux questions socio-émotionnelles ($p < 0,05$; Figure 69). Concernant les questions socio-émotionnelles, nous n'observons pas d'effet significatif de la vitesse sur la probabilité de donner une bonne

¹⁸ Exprimé à l'aide de la notation de Wilkinson et Rogers (1973) pour les modèles linéaires, le modèle est : Réponses $\sim 1 + \text{Vitesse} * \text{Type de questions} + (1 | \text{Participants})$.

réponse des enfants avec TSA, même si l'analyse descriptive montre que la probabilité de donner des bonnes réponses aux questions socio-émotionnelles est plus important lors de la présentation des scènes animées en vitesse ralentie (V70) par rapport à la vitesse très ralentie (V50) et « temps-réel » (V100). Aucun autre effet en lien avec la vitesse n'est apparu statistiquement significatif, suggérant que ni l'effet moyen de la vitesse, ni son effet d'interaction avec la sévérité du TSA et le profil sensoriel n'a eu un effet sur la probabilité des enfants avec TSA de donner des bonnes réponses.

Tableau 24. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le second LMM réalisé

Variable	b	SE	p
(Intercept)	0,40	0,33	0,23
Vitesse V50 – V70	-0,249	0,350	0,477
Vitesse V50 – V100	-0,310	0,35	0,375
Vitesse * Type de question	2,05	0,729	0,005
Vitesse * Sévérité autisme	0,645	1,531	0,674
Vitesse * Profil sensoriel	-0,23	1,462	0,873
Vitesse * Sévérité autisme * Profil sensoriel	-17,32	11715	0,999

Note. « Err. T » = erreur type. Les effets statistiquement significatifs sont en gras.

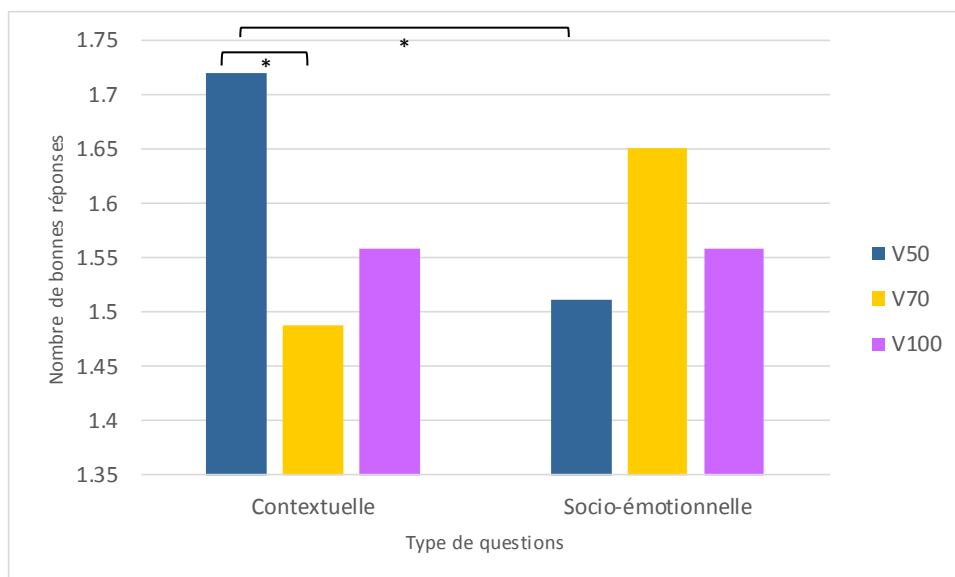


Figure 69. Nombre de bonnes réponses des enfants avec TSA

selon le type de questions et la vitesse de présentation

Les écarts-types sont représentés par les barres verticales. * : $p < 0.05$

Pour conclure, nous pouvons dire que notre hypothèse n°3 n'est pas confirmée puisque nous n'observons pas davantage de bonnes réponses à la suite des questions de compréhension (qui seraient un indicateur d'une meilleure compréhension des scènes), lors de la présentation ralentie en comparaison à la présentation en vitesse « temps-réel ». Cependant, nous observons un effet significatif de la présentation ralentie sur la probabilité de donner de bonnes réponses à la suite des questions portant sur le contexte par rapport aux questions de type socio-émotionnelles.

6. Discussion

L'objectif de cette étude, menée auprès d'enfants avec TSA, était d'étudier les effets du ralentissement sur les comportements, l'exploration visuelle et la compréhension de ces enfants lors de la présentation de scènes animées. Nos hypothèses de recherche consistait à dire que, la présentation en vitesse ralentie serait plus efficace que celle en vitesse « temps-réel » pour, premièrement, favoriser la diminution des comportements inadaptés des enfants avec TSA, deuxièmement, améliorer leur exploration visuelle des scènes animées, et troisièmement, favoriser leur compréhension de ces mêmes scènes. Dans cette partie, les principaux résultats de cette étude, associés aux trois hypothèses de recherche, sont rappelés puis discutés en lien avec les données de la littérature.

6.1. Effet du ralentissement sur les comportements inadaptés

Nos résultats montrent que la présentation en vitesse ralentie et très ralentie a un impact sur les comportements inadaptés des enfants avec TSA puisque la durée totale de leurs comportements inadaptés est inférieure lorsque la présentation des scènes animées est lente ou très lente par rapport à la présentation en vitesse « temps-réel » lors de laquelle on constate significativement plus de comportements inadaptés. Parmi l'ensemble des comportements inadaptés mesurés, l'effet du ralentissement est le plus massif sur le comportement d'inattention à la tâche puisque la durée totale de ce comportement diminue

nettement lorsque la présentation des scènes animées est lente ou très lente par rapport à la présentation en vitesse « temps-réel ». Ces résultats sont conformes aux travaux de Charrier (2014) et Meiss et al. (2015) qui ont également montré une diminution des comportements inadaptés d'enfants avec TSA à la suite de l'utilisation du ralentissement. L'étude de Charrier (2014) ainsi que la nôtre ont été réalisées auprès d'enfants avec TSA ayant une déficience intellectuelle et un faible niveau d'adaptation en communication et celle de Meiss et al. (2015) auprès d'enfants présentant un autisme sévère, ce qui confirme l'intérêt d'avoir recours au ralentissement auprès de ce public, qui présentent des difficultés majeures. De plus, nos résultats qui montrent l'intérêt du ralentissement pour diminuer les comportements inadaptés lors d'une seule séance sont complémentaires à ceux de Charrier (2014) et Meiss et al. (2015) qui en ont montré l'intérêt à la suite de séances régulières et répétées utilisant le ralentissement.

Ce résultat majeur, obtenu auprès d'un échantillon de 44 enfants avec TSA, concernant la diminution significative des comportements inadaptés est particulièrement intéressant. L'utilisation du ralentissement permet ainsi de diminuer les comportements inadaptés ou parasites de ces enfants, c'est-à-dire des comportements tels que l'inattention à la tâche, les regards inadaptés, les stéréotypies ou encore l'agitation. Ces comportements inadaptés, souvent considérés comme étant secondaires aux difficultés de communication sociale, sont pourtant essentiels car d'après Willaye & Magerotte (2014), ils seraient des moyens alternatifs de communication pour exprimer un malaise ou un besoin. Le fait d'observer une diminution de ces comportements chez les enfants avec TSA lors de la présentation ralentie d'une scène animée en comparaison à une présentation en vitesse « temps-réel » pourrait être une conséquence de l'amélioration des compétences de communication de ces enfants. En effet, il est essentiel de saisir la fonction d'un comportement inadapté. Ces derniers répondent à une fonction, ils sont dits adaptatifs, car ils sont un moyen de communiquer, d'influer sur l'environnement et de répondre à un besoin (Leaf & MacEachin, 2012). Très souvent cette fonction a pour but de réduire le stress, de répondre à la frustration ou encore d'éviter une situation. Par exemple, une agression manifestée par un enfant avec TSA peut être un moyen d'éviter d'effectuer une tâche ou encore d'attirer l'attention. En exprimant un comportement inadapté lors de la présentation des scènes animées en vitesse « temps-réel », l'enfant avec

TSA peut manifester un inconfort et/ou une incompréhension vis-à-vis de la tâche demandée. Puisque ce comportement répond à un besoin, l'ABA (*Applied Behavior Analysis*) préconise la mise en place d'un programme qui doit enseigner à l'enfant un comportement différent, un comportement alternatif, qui lui permettra de répondre à son besoin avec autant de succès. La difficulté résulte souvent dans l'identification du bon comportement de substitution à enseigner à l'enfant, c'est-à-dire un comportement qui servira efficacement la même fonction et que l'enfant sera capable d'apprendre (Leaf & MacEachin, 2012). Lors de la présentation des scènes animées en vitesse très ralentie, nous observons moins l'expression de comportements inadaptés chez ces enfants avec TSA, ce qui peut signifier qu'ils ne ressentent pas le besoin d'exprimer un stress, une frustration ou un évitement lié à la tâche.

D'autre part, ce résultat est important car il consolide les liens qui existent entre comportements inadaptés et troubles sensoriels et perceptifs. En effet, Rogé (2015) explique que ces expériences perceptives donnent un caractère incohérent à l'environnement ce qui contribue à le rendre imprévisible et angoissant. De ce fait, les perturbations sensorielles vécues par les personnes avec TSA contribuent à expliquer leurs problèmes relationnels et comportementaux (Tardif & Gepner, 2019). Les témoignages de Temple Grandin (1994) permettent d'illustrer ces propos : « *Je ne peux pas moduler le son, il me faut soit le laisser tout entrer, soit le bloquer complètement. La façon dont j'entends, c'est comme si j'avais une prothèse auditive réglée au maximum, c'est comme un micro qui capte tout. J'ai deux choix : le brancher et être envahie par les sons, ou le débrancher et être isolée* ». Cette expérience sensorielle et perceptive peut expliquer entre autres les bizarreries de comportement et le retrait social souvent décrit chez les personnes avec TSA. Degenne-Richard (2014) a également montré l'existence de liens entre troubles du comportement et perturbations sensorielles : plus les perturbations sensorielles sont sévères, plus les troubles du comportement augmentent. Afin de favoriser un accompagnement de qualité auprès des personnes avec TSA, il est donc nécessaire de considérer ces troubles sensoriels et perceptifs. Le résultat de notre étude montre que, le fait de prendre en compte les troubles sensoriels et perceptifs des personnes avec TSA et plus particulièrement les déficits perceptifs et intégratifs des flux multisensoriels (Gepner, 2014), en ralentissant les informations auditives et visuelles permet ainsi de minimiser l'information sensorielle, d'optimiser la perception de cette information,

d'en favoriser le traitement et ainsi de rendre l'environnement plus stable et compréhensible pour les enfants avec TSA, ce qui permet d'observer une diminution de leurs comportements inadaptés.

6.2. Effet du ralentissement sur l'exploration visuelle

Nos résultats montrent que la présentation en vitesse ralentie et très ralentie n'a pas été plus efficace que la présentation en vitesse « temps-réel » pour améliorer l'exploration visuelle des enfants avec TSA. En effet, la durée totale des fixations de ces enfants ne diffèrent pas entre ces différentes vitesses. De plus, nos résultats montrent aussi que la durée totale des fixations sur les aires d'intérêts « sociales » est significativement plus importante que sur les aires d'intérêts « non sociales » mais la vitesse de présentation n'a pas eu d'effet sur l'exploration visuelle de ces aires d'intérêts « sociales » et « non sociales ».

Seules quatre études (Charrier et al., 2017 ; Cilia et al., 2017 ; Godde, 2017 ; Tardif et al., 2016) se sont intéressées aux effets du ralentissement sur l'exploration visuelle des enfants avec TSA à l'aide de l'oculométrie. Afin d'apporter des éléments supplémentaires à ces travaux, nous avons donc souhaité répliquer ces résultats auprès d'un échantillon de 27 enfants. Les résultats de notre étude n'ont pas permis de conforter ceux des études précédentes qui ont montré que le ralentissement des informations a amélioré l'exploration visuelle des enfants avec TSA en augmentant leurs temps de fixation sur les scènes animées (Charrier et al., 2017 ; Cilia et al., 2017). En effet, dans notre étude la durée des temps de fixations des enfants n'a pas varié selon les différentes vitesses de présentation des scènes animées. Cette absence d'effet du ralentissement peut être discutée à la lumière d'un élément : le profil des enfants ayant participé à notre étude. Comme cela a été précisé dans le cadre de notre première étude, les enfants avec TSA ayant participé à nos travaux sont porteurs d'un TSA et d'une déficience intellectuelle associée. Cette dernière caractérise fortement notre population puisque 23 enfants sur les 27 inclus dans cette partie de l'analyse présentent une déficience intellectuelle modérée à sévère (seuls 4 présentent une absence ou une déficience intellectuelle légère). Or, les effets bénéfiques du ralentissement ont été démontrés auprès d'enfants avec TSA sans déficience intellectuelle. De plus, les études ayant eu recours à un groupe contrôle composé d'enfants au développement typique appariés sur l'âge réel et/ou

l'âge de développement (Charrier, 2014 ; Gepner et al., 2001 ; Godde, 2017 ; Tardif, Thomas, Rey, et al., 2002 ; Tardif et al., 2007) ou d'enfants porteurs de Trisomie 21 (Lainé et al., 2008, 2011) ont montré une absence d'effet du ralentissement dans ces groupes contrôles en comparaison à une amélioration des capacités chez les enfants avec TSA. Dans notre étude, la population étudiée (TSA avec déficience intellectuelle) est différente de celles des études précédentes portant sur le ralentissement comme celles de Godde (2017) où le public est porteur de TSA sans déficience intellectuelle. Ces éléments nous amènent à formuler l'idée que le ralentissement serait davantage bénéfique pour les enfants avec TSA au regard de leurs particularités de fonctionnement, c'est-à-dire auprès d'enfants dont le développement est atypique. Lorsque le développement est retardé, comme c'est le cas lors de la présence d'une déficience intellectuelle associée au TSA, les effets bénéfiques du ralentissement ne s'observent plus. Ceci permet de souligner la spécificité du TSA parmi les troubles du neurodéveloppement, sur les particularités de fonctionnement du TSA et les besoins d'accompagnement qui en découlent. Un autre élément semble intéressant à discuter concernant ce résultat : le matériel vidéo utilisé. En effet, pour cette étude nous avons souhaité utiliser des scènes animées dites « écologiques » à partir d'extraits du dessin-animé *Vice-Versa*, c'est-à-dire proches de ce que les enfants sont susceptibles de regarder au quotidien, mais ce matériel a pu sembler complexe au regard des profils des enfants ayant participé à notre étude. En effet, les études précédemment menées en oculométrie sur les effets du ralentissement, notamment celles de Charrier et al. (2017) et Tardif et al. (2016) ont eu recours à un matériel plus simple, à savoir des séquences filmées dans lesquelles une narratrice raconte l'histoire « les trois petits cochons ». Seul le visage de la narratrice apparaît à l'écran sur un fond neutre gris. Les durées des scènes étaient également plus courtes dans ces études (en moyenne 16,7 secondes en vitesse réelle ; 24,3 secondes en vitesse lente ; et 34,3 secondes en vitesse très lente) comparativement à 48 secondes en moyenne en vitesse réelle, 68 secondes en vitesse lente et 96 secondes en vitesse très lente pour notre étude. Au regard de ces éléments, les extraits vidéo que nous avons sélectionné ont pu sembler plus complexes car plus longs à suivre en terme d'attention, moins neutres, plus colorés, ou encore avec davantage de personnages (trois maximum), même si nous avons été sensibles à ces aspects dans les choix de notre protocole de recherche.

Nos résultats mettent également en avant une exploration visuelle plus importante des aires sociales en comparaison aux aires non sociales, quelle que soit la vitesse de présentation, ce qui n'est pas concordant avec la littérature présentée précédemment. Alors que des auteurs tels que Chawarska et al. (2012) montrent que les enfants avec TSA regardent moins le visage et la bouche de l'orateur et qu'ils dirigent plus leur attention vers des zones moins importantes socialement, nous pouvions nous attendre à une exploration visuelle plus adaptée des enfants avec TSA à la suite d'une présentation ralentie des scènes animées au vue des éléments du modèle des DTTS (Gepner, 201) et des travaux précédents sur les effets bénéfiques du ralentissement. En effet, de même que dans les travaux précédents (Charrier, 2014 ; Charrier et al., 2017 ; Tardif et al., 2016), cette exploration visuelle améliorée aurait pu se manifester par une baisse de la tendance à disperser leur attention et une augmentation des temps de fixation sur les aires d'intérêts sociales, comme le visage des personnages. Or, dans notre étude, les enfants regardent plus les aires sociales que les aires non sociales, quelle que soit la vitesse de présentation des scènes animées. Ce résultat pourrait s'expliquer par les caractéristiques des scènes animées présentées et des aires d'intérêt définies. En effet, dans les extraits vidéo du dessin-animé Vice-Versa, sont présents des personnages colorés voire lumineux qui peuvent attirer davantage l'attention des enfants au détriment du décor plus neutre. De plus, les aires d'intérêts sociales englobant le visage et le corps des personnages qui ont été définies afin de suivre le regard des enfants étaient de taille plus grandes que les aires d'intérêts non sociales englobant le décor et un objet présent dans la scène. Dans notre étude, il ne semble pas que les enfants aient davantage regardé les aires d'intérêt sociales car leur exploration visuelle était plus adaptée ou qu'ils en avaient une meilleure compréhension, mais plutôt que leur attention s'est portée sur ces aires car celles-ci étaient simplement plus attractives, plus captivantes ou encore plus dynamiques à regarder que les aires d'intérêt non sociales, et ce quelle que soit la vitesse de présentation.

Ces résultats nous amènent également à réfléchir à de nouvelles perspectives pour de futures études. Dans les différentes études portant sur les effets du ralentissement (cf. Chapitre 3. Point 3.3. de notre revue de la littérature, p.96), des informations visuelles et auditives ont été présentées dans trois vitesses : une vitesse « temps-réel », une vitesse ralentie et une vitesse très ralentie. Cette même méthodologie a été répliquée concernant les études portant

sur les effets du ralentissement et l'exploration visuelle des enfants avec la présentation d'informations dynamiques. Cependant, les travaux portant sur les effets de l'utilisation d'outils numériques auprès du public avec TSA montrent l'importance d'adapter et de personnaliser l'outil aux besoins de son utilisateur (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018). Même si les résultats de notre première étude sont non significatifs, ils vont également dans ce sens. En effet, les analyses descriptives de l'évolution des enfants avec TSA au cours de l'année d'expérimentation nous ont permis d'identifier un lien entre qualité de l'outil numérique liée à ses fonctionnalités de personnalisation et progrès des enfants. L'étude de cas de M. (garçon porteur de TSA âgé de 6 ans) a mis en évidence l'importance de pouvoir adapter et personnaliser à ses besoins le contenu de l'application qu'il utilise pour favoriser le développement de ses compétences. La prise en compte de ses particularités sensorielles au niveau visuel en paramétrant la taille des images et le fond de l'interface, mais aussi au niveau auditif en choisissant une vitesse d'élocution lente de la synthèse vocale, a été très bénéfique à son évolution. En ce sens, il serait tout à fait intéressant d'étudier les effets du ralentissement en personnalisant le protocole de recherche aux besoins des enfants avec TSA. Au vue de l'hétérogénéité des profils des personnes se situant sur le spectre de l'autisme, nous pouvons tout à fait imaginer que chaque personne a son « propre tempo-perceptif individuel » (Gepner & Tardif, 2009), c'est-à-dire une vitesse particulière de présentation des informations multisensorielles qui lui est propre. Dans de nouvelles perspectives de recherche, nous pourrions identifier ce tempo perceptif individuel à chaque enfant avec TSA et en étudier les effets sur leurs comportements. La prise en compte de seulement deux vitesses de ralentissement (ralentie et très ralentie) ne permet peut-être pas suffisamment d'en montrer les effets sur les comportements et compétences des enfants avec TSA, car ces vitesses ne sont pas assez personnalisées et ne correspondent pas aux profils de l'ensemble des enfants impliqués dans les différents échantillons de recherche.

Concernant notre protocole de recherche, une autre limite peut être considérée et concerne la définition des aires d'intérêts. A nouveau, afin de poursuivre les investigations à propos des effets du ralentissement sur l'exploration visuelle des enfants avec TSA, nous avons reproduit la même méthodologie que celle des études précédentes sur le sujet concernant les mesures en oculométrie en définissant des aires d'intérêt a priori. Charrier et al. (2017) et Tardif et al.

(2016) ont par exemple défini quatre régions d'intérêt afin d'étudier l'exploration visuelle des enfants : les yeux ; la bouche ; le visage avec les cheveux à l'exclusion des yeux et de la bouche ; la zone en dehors du visage. Godde (2017), dans le cadre de son étude portant sur l'écriture manuscrite des personnes avec TSA, s'est quant à elle intéressée à l'exploration visuelle des zones suivantes : la main ; le stylo ; et le tracé des lettres. Cilia et al. (2017), qui s'intéressent aux effets du ralentissement d'une vidéo d'attention conjointe, ont défini quatre zones d'intérêt : le ballon ; la main qui pointe ; le corps de l'actrice ; et le visage et les yeux de l'actrice. En ce qui nous concerne, nous avons également déterminé quatre zones d'intérêt, qui sont les suivantes : les aires « sociales » avec le visage et le corps des personnages ; et les aires « non sociales » avec un objet et le décor de la scène. L'ensemble de ces aires d'intérêt ont été définies a priori par le chercheur, c'est ce que l'on nomme l'*approche top-down* (ou approche descendante). Autrement dit, le chercheur teste ses hypothèses à partir des fixations obtenues dans ces aires d'intérêts, dont la taille et la disposition sont définies a priori par le chercheur. En ne tenant pas compte de l'exploration « réelle » du participant, Cilia et al. (2019) indiquent que cette approche peut limiter la portée de l'interprétation et la reproductibilité des résultats. Dans la perspective de recherches futures portant sur les effets du ralentissement et l'exploration visuelle des enfants avec TSA, il pourrait être intéressant d'utiliser d'autres méthode d'analyses pour définir ces aires d'intérêts. Dans une approche *bottom-up* (ou *approche ascendante*), certains auteurs ont créé de nouvelles techniques pour analyser ces résultats. C'est le cas notamment d'Heaton & Freeth (2016) qui ont développé un algorithme qui permet d'adapter la taille des aires d'intérêts à partir de la localisation des fixations des enfants. Il est également possible d'utiliser la représentation des données sous forme de cartes de chaleur (*heat-map*) et d'un dégradé de couleurs afin de mettre en évidence les aires d'intérêts les plus regardées par les participants. En repérant ces zones, le chercheur peut définir des aires d'intérêts à la suite de cette observation. La création d'aires d'intérêts par le chercheur pouvant être laborieuse et chronophage, Cilia et al. (2019) proposent d'avoir recours à des méthodes automatisées grâce à un algorithme en couplant deux méthodes : le *mean-shift clustering* (Drusch & Bastien, 2012 ; Privitera & Stark, 2000) et la méthode du Voronoi-Tesselation (Over et al., 2006). Les auteurs précisent en effet que l'algorithme *mean-shift* permet d'identifier les densités de fixations des participants en obtenant les coordonnées

de chaque densité. Cela consiste à trouver le barycentre de la densité des données en créant un vecteur pour chaque point et d'identifier ainsi le noyau de densité de la distribution. Cet algorithme permet ainsi d'établir des regroupements de points de fixations (autrement dit des clusters). Cilia et al. (2019) utilisent alors ensuite la méthode du Voronoi-Tessellation pour créer des zones d'intérêts qui correspondent à des cellules définies autour des différents barycentres des densités de fixations des participants identifiées par le *mean-shift clustering*. L'avantage de cette approche est la possibilité d'utiliser la totalité de la distribution des fixations visuelles des participants et l'absence d'intervention du chercheur sur la taille et la localisation des aires d'intérêts. Afin de tester l'intérêt d'utiliser cette méthode, Cilia et al. (2019) ont comparé les données d'exploration visuelle de 83 enfants (28 enfants avec TSA ; 25 enfants au développement typique appariés selon l'âge de développement communicatif ; et 30 enfants au développement typique appariés selon l'âge chronologique) à la suite de la présentation d'une photo portant sur l'attention conjointe. Les auteurs ont comparé les résultats en créant des aires d'intérêts a priori et a posteriori. Lorsque les aires d'intérêts sont créées a posteriori, il n'y a pas de différence dans le nombre et la durée des fixations sur le visage entre les différents groupes d'enfants. De plus, les enfants (quel que soit leur groupe) fixent plus et plus longtemps le visage et la cible de l'attention conjointe lorsque les aires d'intérêts sont créées a posteriori. Ces résultats mettent en évidence le fait, qu'en utilisant la méthode classique de création d'aires d'intérêts a priori, les conclusions du chercheur sur les fixations du visage et de la cible d'attention conjointe auraient pu être erronées car elles prendraient en compte moins de fixations (Cilia et al., 2019). Cette étude montre ainsi l'intérêt d'utiliser des aires d'intérêt a posteriori pour étudier l'exploration visuelle d'enfants avec TSA lors de la présentation de stimuli qui impliquent le suivi du regard. Dans la perspective de recherches futures portant sur les effets du ralentissement et l'exploration visuelle d'enfants avec TSA, il semble tout à fait intéressant d'utiliser la méthode développée par Cilia et al. (2019) pour définir des aires d'intérêts a posteriori.

6.3. Effet du ralentissement sur la compréhension

De façon globale, le nombre de bonnes réponses des enfants aux différentes questions posées ne diffère pas en fonction des différentes vitesses. Pourtant, au vue des effets

bénéfiques du ralentissement sur la diminution des comportements inadaptés que les résultats de cette étude ont mis en évidence, nous pouvions imaginer que le fait qu'ils soient moins agités leur permettent d'être plus attentifs à la scène présentée et que cela favoriserait ainsi leur compréhension. Dans l'objectif de cette étude, nous avons rencontré les enfants une seule fois, pendant la durée de la passation. Nous pouvons supposer que nos résultats ont permis de mettre en évidence un effet direct du ralentissement sur les comportements inadaptés, car ces derniers de par leur fonction de communication répondent à un besoin immédiat (exprimer une gêne sensorielle, une incompréhension), et que le ralentissement des informations présentées à l'écran a permis d'apporter une solution immédiate à ce besoin. Cependant, l'absence d'effet entre le ralentissement et la compréhension des scènes, pourrait s'expliquer par le besoin d'avoir recours à cet outil de ralentissement sur une plus longue période et de façon quotidienne. En effet, Charrier (2014) a montré, après un an d'une utilisation régulière de Logiral™, dans un contexte rééducatif auprès d'orthophonistes, une amélioration développementale et fonctionnelle des enfants avec TSA, notamment au niveau de la capacité à imiter et reproduire les mouvements et gestes d'autrui et, potentiellement de la théorie de l'esprit. Ceci n'avait pas été observé chez les enfants avec TSA n'ayant pas bénéficié du logiciel de ralentissement. Afin de favoriser le développement des compétences des enfants avec TSA en communication mais également en compréhension, il est donc certainement nécessaire d'envisager une utilisation régulière et répétée du ralentissement en intégrant pleinement cet outil numérique à leurs programmes d'accompagnement. De nouvelles perspectives de recherche pourraient être menées en ce sens. De plus, l'absence d'effet du ralentissement sur la compréhension des enfants pourrait aussi être expliquée à la lumière d'un élément discuté également précédemment : le profil des enfants avec TSA. En effet, la plupart des enfants de notre échantillon présentant une déficience intellectuelle, un niveau faible d'adaptation en communication, et étant non verbaux il n'a pas été aisé de réussir à évaluer leur niveau de compréhension à la suite de la présentation des scènes animées. De plus, la passation étant d'une durée d'environ 15 minutes, elle a certainement mobilisé énormément des capacités attentionnelles de ces enfants, qui n'étaient plus ou peu disponibles pour répondre aux questions de compréhension. Auprès d'enfants avec TSA non verbaux, il pourrait être intéressant d'avoir recours aux données en oculométrie pour tenter

de recueillir leurs réponses aux questions de compréhension qui leur sont posées. Pour rappel, à la suite d'une question de compréhension, apparaît sur l'écran une planche qui présente trois modalités de réponse possibles. Les enfants doivent sélectionner l'une de ces réponses. Pour ceux qui ne peuvent s'exprimer verbalement ou par l'intermédiaire d'un pointé, nous pourrions par exemple considérer que la réponse de l'enfant est représentée par la modalité de réponse dont la durée des fixations est la plus importante. A l'aide des données en oculométrie et des méthodes d'analyses présentées précédemment, nous pourrions identifier ces réponses à partir de l'analyse a posteriori des fixations des enfants.

Toutefois, nos résultats montrent aussi que la vitesse de présentation a bien eu un effet sur la compréhension des enfants mais ce, en fonction du type de questions. En effet, la présentation très ralentie des scènes animées a permis une meilleure compréhension des enfants aux questions contextuelles par rapport aux questions socio-émotionnelles, c'est-à-dire une meilleure identification des objets présents dans le décor des scènes animées par rapport aux émotions ressentis par les personnages. Cet effet du ralentissement sur la compréhension des enfants des éléments contextuels semble à nouveau pouvoir s'expliquer au regard des profils et capacités des enfants. 16 d'entre eux, sur les 20 inclus dans cette partie de l'analyse, présentent une déficience intellectuelle modérée à sévère associée au TSA (seuls 4 présentent une absence ou une déficience intellectuelle légère). Ce qui montre sans doute que le ralentissement a un effet sur un premier niveau de compréhension en termes de contenu, le plus facile à comprendre pour ces enfants avec les éléments contextuels, mais qu'il n'a pu avoir un effet sur un deuxième niveau de contenu, plus difficile à comprendre pour ces derniers, à savoir les émotions. Enfin, un effet du ralentissement sur la compréhension des éléments socio-émotionnels semble intéressant à discuter, même si celui-ci est non significatif : l'analyse descriptive des données nous a aussi permis d'observer que la présentation des scènes animées en vitesse ralentie pourrait permettre une amélioration de la compréhension des enfants concernant les éléments socio-émotionnels de la scène, c'est-à-dire l'identification des émotions ressentis par les personnages. Ce résultat nous permet d'amener des pistes de réflexion concernant les différentes possibilités d'utilisation du ralentissement en fonction des objectifs d'intervention. Si l'on souhaite que l'enfant développe ses compétences liées au repérage et à la sélection des informations pertinentes,

une vitesse très ralentie semble plus appropriée pour lui permettre de bénéficier de plus de temps pour identifier les éléments présentés et sélectionner ces informations pertinentes. Si l'on souhaite que l'enfant développe ses compétences sociales, notamment au niveau de la reconnaissance des émotions, une vitesse ralentie semble plus appropriée. Lorsque la vitesse de présentation des informations est très ralentie, on peut supposer que les informations sociales et les mouvements des visages des personnages deviennent étranges ce qui pourrait aussi expliquer l'absence d'effet avec la présentation des scènes animées en vitesse très ralentie dans notre étude.

CONCLUSION

Cette thèse avait ainsi pour objectif de tester les effets d'interventions prenant appui sur les outils numériques, et notamment des applications spécifiques et adaptées au public avec TSA, à travers deux études présentées dans les chapitres précédents. Nous avons montré, dans le cadre de notre première étude, des améliorations des compétences socio-communicatives et adaptatives plus importantes des enfants ayant bénéficié des interventions avec un outil numérique (applications AMIKEO) en comparaison aux enfants ayant bénéficié des interventions avec un outil traditionnel (supports papiers, photos, objets, jeux), et ce, au terme d'une année d'interventions éducatives dans les établissements médico-sociaux où sont accueillis les enfants avec TSA inclus dans notre recherche. Ces résultats valident les hypothèses de cette première étude, à savoir une augmentation plus importante des scores en communication, autonomie et socialisation pour les enfants du groupe expérimental en comparaison à ceux du groupe contrôle, et corroborent de précédents travaux qui soulignent l'intérêt d'avoir recours à une tablette et ses applications pour développer les compétences en communication (Achmadi et al., 2012 ; Alzayer et al., 2014 ; Birtwell et al., 2019 ; Flores et al., 2012 ; Kagohara et al., 2010 ; Kagohara, van der Meer, et al., 2012 ; Xin & Leonard, 2015), en autonomie (Cihak et al., 2010 ; Hammond et al., 2010 ; Kagohara, 2011 ; Kagohara et al., 2011 ; Mercier et al., 2018 ; Pérez-Fuster et al., 2019), et en socialisation (Fletcher-Watson et al., 2016 ; Gal et al., 2009 ; Holt & Yuill, 2017 ; Hourcade et al., 2012 ; Piper et al., 2006) de ces enfants. A partir d'une collaboration entre des professionnels en Sciences Humaines et Sociales et des professionnels en Sciences Informatiques, nous avons également proposé une démarche d'évaluation des outils numériques à partir d'un outil précis et rigoureux, l'AutismGuide, en cohérence avec les méthodologies d'inspection des interfaces numériques (Scapin & Bastien, 1996). Dans le cadre de notre deuxième étude, nous avons également observé une diminution des comportements inadaptés des enfants avec TSA lors d'une présentation ralentie de dessins animés à l'aide de l'application LogiralTM (Tardif & Gepner, 2014) qui permet de ralentir les informations dynamiques visuelles et auditives. Ces résultats valident également l'hypothèse de cette deuxième étude, à savoir une diminution de la durée des comportements inadaptés lorsque

les dessins animés sont présentés au ralenti par rapport à une présentation en « temps-réel » et corroborent de précédents travaux qui soulignent l'intérêt d'avoir recours à l'application Logiral™ auprès d'enfants avec TSA pour diminuer les comportements inadaptés qui peuvent perturber leur attention et apprentissages (Charrier, 2014 ; Meiss et al., 2015). A travers ces deux études, nous avons ainsi montré l'intérêt et l'importance d'avoir recours, dans les programmes d'accompagnement des enfants avec TSA, à des outils numériques notamment des applications spécifiques et conçues pour des enfants avec TSA telles que les applications AMIKEO et Logiral™, afin de développer leurs compétences.

En raison des effets bénéfiques de la tablette tactile et de ses applications dédiées au public avec TSA observés dans ce travail au sein des établissements et services médico-sociaux qui accueillent ces enfants, il semble intéressant de proposer ces outils numériques dans de nouveaux contextes, notamment dans le cadre familial, afin de proposer un accompagnement des enfants avec TSA au quotidien et en continu, et favoriser ainsi le développement de leurs compétences dans toutes les sphères de leur vie. De plus, bien que nous ayons accompagné les enfants pendant une année, et que nous avons observé l'évolution de leurs compétences durant toute cette période, ce travail pourrait être approfondi, notamment par l'évaluation du maintien et de la généralisation de leurs compétences à l'issue de l'année d'expérimentation. En effet, au-delà des effets positifs et des preuves empiriques en faveur des interventions basées sur l'utilisation de tablettes auprès des personnes avec TSA, Hong et al. (2018) se sont intéressés au maintien des compétences et à leur généralisation à la suite de ces interventions à partir d'une revue systématique de la littérature basée sur des études de cas uniques. Les résultats de cette revue suggèrent que, les études dans ce domaine s'intéressant aux effets de maintien et de généralisation sont encore limitées, et qu'elles doivent encore fournir des efforts dans la mise en place de procédures d'évaluation du maintien et de la généralisation des compétences, procédures qui doivent être planifiées dès le début de l'intervention. Si des études parviennent à démontrer le maintien et la généralisation des compétences du public avec TSA après avoir bénéficié d'une intervention avec tablette, nous pourrions également nous intéresser aux effets que ces interventions peuvent finalement avoir sur la qualité de vie des personnes avec TSA. En effet, si ces interventions permettent à ces dernières de développer leurs compétences dans des

domaines tels que la communication, l'autonomie et la socialisation, et qu'elles maintiennent et généralisent ces compétences dans les différentes sphères de leur vie et de leur quotidien, nous pouvons supposer qu'*in fine*, cela favorisera l'amélioration de leur qualité de vie, mais également celle de leurs aidants familiaux. La plupart des études portant sur la qualité de vie, définie selon Felce & Perry (1995) comme la perception qu'un individu a de son bien-être physique, matériel, émotionnel et social, en fonction de ses valeurs personnelles, se sont centrées sur le vécu familial des proches vivant avec une personne porteuse de TSA, c'est-à-dire des parents (Cappe et al., 2012 ; Vasilopoulou & Nisbet, 2016 pour une revue) ou encore de la fratrie (Le Corfec et al., 2020 pour une revue). Il est évidemment essentiel de continuer à s'intéresser au vécu de ces aidants familiaux, mais il semble tout aussi important de s'intéresser au vécu de la personne TSA elle-même sur sa propre qualité de vie à la suite d'une intervention avec un outil numérique.

Lorsque l'on aborde ce type d'intervention, notamment les situations d'apprentissage ayant recours à un outil mobile type tablettes tactiles comme cela a été le cas dans notre étude, il nous semble également intéressant de parler du concept d'acceptabilité, car si notre étude a permis de montrer l'intérêt d'avoir recours aux outils numériques afin de permettre aux enfants avec TSA de développer leurs compétences, l'acceptabilité de ces derniers à utiliser l'outil permettra certainement de rendre l'intervention d'autant plus efficace. Certains auteurs s'intéressent donc au concept d'acceptabilité (Amadiou et al., 2019) afin de mieux comprendre les déterminants qui amènent les utilisateurs (apprenants et aidants) à souhaiter avoir recours à ce type d'outils. Pour décrire les facteurs explicatifs de l'intention d'utiliser et de l'usage réel des outils numériques, des modèles de l'acceptabilité tels que le modèle « Unified Theory of Acceptance and Use of Technology » (UTAUT, Venkatesh et al., 2003 ; Venkatesh & Davis, 2000) ont été développés. Plusieurs prédicteurs de l'intention d'utiliser l'outil numérique sont décrits dans ce modèle : les attentes d'effort ou de facilité d'utilisation perçue (c'est-à-dire la croyance que l'utilisation de l'outil exigera ou pas un effort pour l'utilisateur) ; les attentes de performance ou d'utilité perçue (c'est-à-dire la croyance que l'outil va permettre d'améliorer sa performance dans la tâche) ; et l'influence sociale (c'est-à-dire la perception que l'utilisateur a des croyances des personnes qu'il juge importantes quant à l'utilisation de l'outil). En faisant référence à ce type de modèle, des études ont été menées

sur l'acceptabilité des utilisateurs et identifient que la facilité d'utilisation perçue, l'utilité perçue (Ifenthaler & Schweinbenz, 2016) et le plaisir perçu (Courtois et al., 2014) sont des facteurs majeurs des attitudes des apprenants vis-à-vis des tablettes. Afin de mieux comprendre l'acceptabilité des outils numériques par les utilisateurs, Amadiou et al. (2019) indiquent qu'il est également important d'étudier leurs perceptions vis-à-vis de ces outils, et la revue de littérature menée par Mulet et al. (in press) dans le domaine éducatif permet de mettre en évidence que les élèves ont une perception assez positive des tablettes car elles sont jugées faciles à utiliser et adaptées aux besoins d'apprentissage, ce qui permet de supposer que les tablettes sont des outils facilement acceptés par ces utilisateurs pour des situations d'apprentissage. Cependant, cette acceptabilité peut fluctuer en fonction du type de tâche effectuée sur l'outil et du degré de compatibilité de la tâche avec les caractéristiques de l'outil (Amadiou et al., 2019). En effet, Amadiou et al. (2016) observent que des étudiants, sans expérience préalable avec des tablettes, qui réalisent deux types de tâches différentes (tâche de consultation de document ou tâche de production d'écrit), ont des perceptions et une acceptabilité de la tablette qui évoluent différemment en fonction de la tâche, ce qui signifie que perception et acceptabilité ne sont pas décontextualisées de l'outil utilisé. Des difficultés techniques de l'outil comme les problèmes de connexion ou de bugs qui peuvent entraîner une perte de données (Dündar & Akçayir, 2014) peuvent notamment altérer des perceptions a priori très positives. Ces études apportent donc un éclairage sur les déterminants qui peuvent jouer un rôle dans l'acceptabilité des utilisateurs envers ces outils et ainsi dans leur usage réel. Cependant, elles ont été réalisées auprès d'enfants et d'adultes au développement typique. Lorsque les utilisateurs avec TSA sont en mesure d'exprimer leur acceptabilité envers ces outils, il serait intéressant de les interroger à ce sujet et d'étudier ces aspects afin de mieux préparer l'intervention avec l'outil numérique et maximiser ainsi les effets qu'il peut avoir sur les apprentissages de ces derniers. S'ils ne sont pas en capacité de répondre à ces sollicitations, nous devrions réfléchir à de nouveaux moyens de recueillir leurs retours.

En outre, introduire ces outils numériques dans divers contextes d'accompagnement tels que les établissements médico-sociaux ne semble pas être une condition suffisante pour que les aidants, à savoir les professionnels, s'approprient ces outils, les intègrent à leur « boîte

à outils » et sachent les utiliser comme de réels outils pédagogiques. La forte augmentation du développement d'applications adaptées aux personnes avec TSA permet aux professionnels d'avoir accès à de nouveaux outils de travail, mais cela crée aussi un besoin, celui de la capacité à identifier, à recommander et à déployer ces solutions (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018). Cette nouvelle offre d'outils nécessite de proposer un réel soutien aux aidants afin qu'ils puissent être pertinents dans leurs choix d'accompagnements et de contenus (Ayres et al., 2013). Dans cette optique, nous avons proposé dans le cadre de ce travail de recherche d'avoir recours à un outil, l'AutismGuide qui permet d'évaluer les applications utilisées auprès du public avec TSA, et ainsi d'aider et de guider les utilisateurs avec TSA ou leurs aidants (familiaux ou professionnels) dans leur choix d'applications parmi le panel des solutions possibles. Renaud & Cherruault-Anouge (2018) précisent qu'il est également nécessaire de fournir aux aidants une présence régulière et de les former afin de potentialiser l'intégration du numérique dans le projet de chacun et de faciliter ainsi l'accompagnement des personnes avec TSA. Par présence régulière et formation, les auteures entendent l'accompagnement des aidants dans la construction d'un projet pédagogique basé sur une intervention avec une tablette, la formalisation des objectifs de travail, la construction d'un parcours d'utilisation (se familiariser avec l'outil, définir un cadre et des rituels d'utilisation) ainsi que la définition d'indicateurs de progression qui permettent le suivi des compétences et l'orientation de nouveaux axes de travail (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018). Zorn & Puustinen (2017) montrent également que la notion d'aide apportée par des enseignants à des collégiens porteurs de TSA ne va pas de soi, et qu'il est important de les accompagner dans leurs pratiques sur ces aspects. Au-delà de l'intérêt d'avoir recours aux applications pour permettre au public avec TSA de développer leurs compétences comme nous avons pu le démontrer dans notre étude, l'outil tablette se révèle aussi comme véritable vecteur d'implémentation des bonnes pratiques professionnelles recommandées par la Haute Autorité de Santé (HAS) et l'Agence nationale de l'évaluation et de la qualité des établissements et services médico-sociaux (Anesm). Utiliser des applications adaptées aux personnes avec TSA, tout en proposant ce type de soutien aux aidants par la formation aux caractéristiques techniques de l'outil mais aussi et surtout aux méthodologies sous-jacentes qui permettent de favoriser l'autonomie et la qualité de vie de l'utilisateur, permet non

seulement la mise en place d'actions coordonnées, pluridisciplinaires et centrées sur la personne et son projet de vie, mais également d'avoir recours à des applications qui répondent de façon personnalisée aux besoins exprimés dans l'utilisateur dans son projet de vie (Renaud & Cherruault-Anouge, 2018).

Enfin, lorsque l'on aborde la question de l'usage des outils numériques auprès du public avec TSA, il est impossible de laisser de côté les questions qui font débats sur le sujet, et notamment autour du repli des enfants sur leur tablette, et de l'enfermement plus grand encore des enfants avec TSA passant du temps sur les écrans. Face aux comportements, difficultés ou retards de développement observés chez les tout-petits qui utilisent de façon excessive les écrans, certains auteurs tels que Marcelli et al. (2018) plaident pour la description d'un nouveau trouble neurodéveloppemental : « exposition précoce et excessive aux écrans (EPEE) ». Marcelli et al. (2020) décrivent que ce trouble, lié à un perturbateur environnemental nouveau (les écrans), interfère avec les besoins développementaux du tout-petit de moins de 3-4 ans et entraîne les symptômes suivants : un retard de communication et de langage ; un centrage d'intérêt sur les écrans ; une absence de recherche d'interaction avec le parent ; une absence d'intérêt pour les jeux correspondant à l'âge ; des activités spontanées pauvres et répétitives ; une difficulté de contact avec les autres enfants ; des comportements d'allure agressive ; une agitation et une instabilité d'attention ; une maladresse dans l'exploration fine. La description de ce syndrome « EPEE » a provoqué de véritables erreurs et confusions avec le diagnostic de TSA amenant certains à parler « de symptômes d'allure autistique », et d'autres encore « d'autisme virtuel » (Zamfir, 2018). Malgré le fait que la Haute Autorité de Santé précise dans ces recommandations de 2018¹⁹ qu'en ce qui concerne l'exposition aux écrans, il n'a pas été identifié de données sur un lien entre la survenue de TSA et une surexposition aux écrans, ces expressions de « symptômes d'allure autistique » et d'« autisme virtuel » entravent les démarches de diagnostic différentiel entre TSA et EPEE. Elles ont également déclenché une polémique qui détourne notre attention d'un problème de santé publique, la nocivité des écrans pour le tout-petit

¹⁹ Recommandation de bonne pratique – Trouble du Spectre de l'Autisme – Signes d'alerte, repérage, diagnostic et évaluation chez l'enfant et l'adolescent – Argumentaire scientifique – Février 2018

(Marcelli et al., 2020). Les inquiétudes des parents et des professionnels de santé qui observent un enfant de deux ans préférer manipuler des applications au lieu de développer sa sensori-motricité en jouant dans un bac à sable avec ses camarades sont pourtant tout à fait légitimes (Virole, 2020), car sans parler de lien entre autisme et surexposition aux écrans, il est nécessaire d'être conscient des retards de développement ou des troubles du comportement qui sont potentiellement liés à un mésusage des écrans. La Haute Autorité de Santé indique que « les écrans ont une influence délétère quand ils apportent à l'enfant des stimulations cognitives, physiques ou sociales plus pauvres que celles potentiellement contenues dans son environnement physique » (2018, p.96). Afin d'aider les parents et professionnels à accompagner les enfants dans leur découverte des écrans, certains ont défini des recommandations dans les usages et des limites de temps d'utilisation comme l'Académie Américaine de Pédiatrie qui recommande d'éviter les écrans avant 18 mois et de se limiter à une heure par jour de 2 à 5 ans ou encore Tisseron (2013) qui propose des règles pour accompagner l'enfant dans son utilisation des écrans avec des étapes à 3, 6, 9 et 12 ans. Finalement, et comme l'indique la Haute Autorité de Santé, « s'il est nécessaire de rappeler les conséquences de l'exposition aux écrans parfois néfastes sur le développement de l'enfant, notamment en cas d'utilisation prolongée dans le cadre de jeux vidéo, l'utilisation des tablettes dans le cadre des apprentissages (enseignement, rééducation) peut être utile » (2018²⁰, p.97), comme nous l'avons montré dans cette recherche, mais il est essentiel d'accompagner les aidants familiaux et professionnels dans ces usages des écrans auprès des enfants qu'ils accompagnent.

Aussi prometteuses et bénéfiques soient-elles, la mise en place d'interventions ayant recours aux outils numériques représente malgré tout un défi pour les aidants d'enfants avec TSA. Finalement, pour une véritable intégration de ces outils numériques et un usage adapté aux besoins de ses utilisateurs, les préconisations liées à l'usage des tablettes doivent s'appuyer sur les facteurs d'acceptabilité des utilisateurs avec TSA et sur l'accompagnement de ces derniers et des aidants, notamment sur la construction des activités pédagogiques

²⁰ Recommandation de bonne pratique – Trouble du Spectre de l'Autisme – Signes d'alerte, repérage, diagnostic et évaluation chez l'enfant et l'adolescent – Argumentaire scientifique – Février 2018

plutôt que sur leur simple utilisation (Amadiou et al., 2019) afin de favoriser un usage de qualité de ces outils, et permettre ainsi aux personnes avec TSA de développer leurs compétences et d'améliorer ainsi leur qualité de vie.

BIBLIOGRAPHIE

- Achmadi, D., Kagohara, D. M., van der Meer, L., O'Reilly, M. F., Lancioni, G. E., Sutherland, D., Lang, R., Marschik, P. B., Green, V. A., & Sigafos, J. (2012). Teaching advanced operation of an iPod-based speech-generating device to two students with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders, 6*(4), 1258-1264. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2012.05.005>
- Adrien, J.-L., Rossignol-Deletang, N., Martineau, J., Couturier, G., & Barthelemy, C. (2001). Regulation of cognitive activity and early communication development in young autistic, mentally retarded, and young normal children. *Developmental Psychobiology, 39*(2), 124-136. <https://doi.org/10.1002/dev.1036>
- Aguiar, Y. P. C., Galy, E., Godde, A., Trémaud, M., & Tardif, C. (soumis). AutismGuide : A usability guidelines to design software solutions for users with autism spectrum disorder. *Behavior & Information Technology*.
- Aldi, C., Crigler, A., Kates-McElrath, K., Long, B., Smith, H., Rehak, K., & Wilkinson, L. (2016). Examining the Effects of Video Modeling and Prompts to Teach Activities of Daily Living Skills. *Behavior Analysis in Practice, 9*(4), 384-388. <https://doi.org/10.1007/s40617-016-0127-y>
- Allen, A. A., & Shane, H. C. (2014). Autism spectrum disorders in the era of mobile technologies : Impact on caregivers. *Developmental Neurorehabilitation, 17*(2), 110-114. <https://doi.org/10.3109/17518423.2014.882425>
- Allen, M. L., Hartley, C., & Cain, K. (2016). iPads and the Use of "Apps" by Children with Autism Spectrum Disorder : Do They Promote Learning? *Frontiers in Psychology, 7*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01305>
- Alzrayer, N., Banda, D. R., & Koul, R. K. (2014). Use of iPad/iPods with Individuals with Autism and other Developmental Disabilities : A Meta-analysis of Communication Interventions. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders, 1*(3), 179-191. <https://doi.org/10.1007/s40489-014-0018-5>
- Alzrayer, N., Banda, D. R., & Koul, R. K. (2019). The Effects of Systematic Instruction in Teaching Multistep Social-Communication Skills to Children with Autism Spectrum Disorder Using an iPad. *Developmental Neurorehabilitation, 22*(6), 415-429. <https://doi.org/10.1080/17518423.2019.1604578>
- Amadiou, F., Mulet, J., van der Linden, J., Lombard, J., & van de Leemput, C. (2019). Acceptabilité des technologies d'apprentissage mobile : Le cas des tablettes. *Education permanente, 219*, 31-40.

- Amadiou, F., Pecoste, C., Mariné, C., van de Leemput, C., & Lescarret, C. (2016). Effects of studying tasks compatibility with tablets on their acceptance : How experienced tasks with tablets can modify perceptions of tablets. In *Handbook of research on 3D virtual environments and hypermedia for ubiquitous learning* (Mendes, Neto, R. de Souza, A. S. Gomes, p. 338-361).
- Amar, D., Goléa, A., Wolff, M., Gattegno, M. P., & Adrien, J.-L. (2012). Apports des tablettes tactiles pour jeunes adultes présentant une déficience mentale ou un trouble autistique : Études de cas. *Proceedings of the 2012 Conference on Ergonomie et Interaction Homme-Machine - Ergo'IHM '12*, 169-172. <https://doi.org/10.1145/2652574.2653429>
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-IV-TR)*. American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed)*. American Psychiatric Association.
- ANESM. (2012). *Autisme et autres troubles envahissants du développement : Interventions éducatives et thérapeutiques coordonnées chez l'enfant et l'adolescent*.
- ANESM. (2018). *Trouble du Spectre de l'Autisme—Signes d'alerte, repérage, diagnostic et évaluation chez l'enfant et l'adolescent—Argumentaire scientifique*.
- Antoine, P., Congard, A., Andreotti, E., Dauvier, B., Illy, J., & Poinso, R. (2018). A Mindfulness-Based Intervention : Differential Effects on Affective and Processual Evolution. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 10(3), 368-390. <https://doi.org/10.1111/aphw.12137>
- Antoine, P., Dauvier, B., Andreotti, E., & Congard, A. (2018). Individual differences in the effects of a positive psychology intervention : Applied psychology. *Personality and Individual Differences*, 122, 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.10.024>
- Aresti-Bartolome, N., & Garcia-Zapirain, B. (2014). Technologies as Support Tools for Persons with Autistic Spectrum Disorder : A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(8), 7767-7802. <https://doi.org/10.3390/ijerph110807767>
- Ayres, A. J. (1979). *Sensory Integration and the Child*.
- Ayres, J. A. (1985). *Developmental dyspraxia and adult onset apraxia*.
- Ayres, K. M., Mechling, L., & Sansosti, F. J. (2013). The Use of Mobile Technologies to Assist with Life Skills/Independence of Students with Moderate/Severe Intellectual Disability and/or Autism Spectrum Disorders : Considerations for the Future of School Psychology. *Psychology in the Schools*, 50(3), 259-271. <https://doi.org/10.1002/pits.21673>

- Baker, A. E. Z., Lane, A., Angley, M. T., & Young, R. L. (2008). The Relationship Between Sensory Processing Patterns and Behavioural Responsiveness in Autistic Disorder : A Pilot Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(5), 867-875. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0459-0>
- Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean : Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies*, 4(Issue 3), 114-123.
- Bargiacchi, A. (2011). Les signes précoces de l'autisme. *PSN*, 9(1), 19-30. <https://doi.org/10.1007/s11836-010-0158-3>
- Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Ashwin, C., Tavassoli, T., & Chakrabarti, B. (2009). Talent in autism : Hyper-systemizing, hyper-attention to detail and sensory hypersensitivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1522), 1377-1383. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0337>
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind" ? *Cognition*, 21(1), 37-46. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90022-8)
- Bastien, C., & Scapin, D. L. (1993). *Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces* (p. 79) [Report]. INRIA. <https://hal.inria.fr/inria-00070012>
- Battocchi, A., Pianesi, F., Tomasini, D., Zancanaro, M., Esposito, G., Venuti, P., Ben Sasson, A., Gal, E., & Weiss, P. L. (2009). Collaborative Puzzle Game : A tabletop interactive game for fostering collaboration in children with Autism Spectrum Disorders (ASD). *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces - ITS '09*, 197. <https://doi.org/10.1145/1731903.1731940>
- Beadle-Brown, J., Murphy, G., Wing, L., Gould, J., Shah, A., & Holmes, N. (2000). Changes in skills for people with intellectual disability : A follow-up of the Camberwell Cohort. *Journal of Intellectual Disability Research*, 44(1), 12-24. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2788.2000.00245.x>
- Ben-Sasson, A., Hen, L., Fluss, R., Cermak, S. A., Engel-Yeger, B., & Gal, E. (2009). A Meta-Analysis of Sensory Modulation Symptoms in Individuals with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0593-3>
- Bernard-Opitz, V., Sriram, N., & Nakhoda-Sapuan, S. (2001). *Enhancing Social Problem Solving in Children with Autism and Normal Children Through Computer-Assisted Instruction*. 8.
- Bernheimer, L. P., Keogh, B. K., Guthrie, D., & Floyd, F. (2006). Young Children With Developmental Delays As Young Adults : Predicting Developmental and Personal-Social Outcomes. *American Journal on Mental Retardation*, 111(4), 263-272. [https://doi.org/10.1352/0895-8017\(2006\)111\[263:YCWDDA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1352/0895-8017(2006)111[263:YCWDDA]2.0.CO;2)

- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2005). Enhanced and diminished visuo-spatial information processing in autism depends on stimulus complexity. *Brain*, 128(10), 2430-2441. <https://doi.org/10.1093/brain/awh561>
- Berzin, C., & Lebert-Candat, C. (2008). Interactions de tutelle entre pairs et scolarisation des élèves en situation de handicap : Impact du contexte pédagogique. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 41(2), 81. <https://doi.org/10.3917/lsdle.412.0081>
- Billard, A., Robins, B., Nadel, J., & Dautenhahn, K. (2007). Building Robota, a Mini-Humanoid Robot for the Rehabilitation of Children With Autism. *Assistive Technology*, 19(1), 37-49. <https://doi.org/10.1080/10400435.2007.10131864>
- Birtwell, K. B., Platner, A. K., & Nowinski, L. A. (2019). Exploring the use of Sidekicks ! For children with autism spectrum disorder (ASD). *Psychological Services*, 16(2), 266-270. <https://doi.org/10.1037/ser0000301>
- Bodfish, J. W., Symons, F. J., Parker, D. E., & Lewis, M. H. (2000). Varieties of repetitive behavior in autism : Comparisons to mental retardation. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(3), 237-243. <https://doi.org/10.1023/A:1005596502855>
- Bogdashina, O. (2013). *Questions sensorielles et perceptives dans l'Autisme et le Syndrome d'Asperger* (Autisme France Diffusion).
- Bölte, S., Golan, O., Goodwin, M. S., & Zwaigenbaum, L. (2010). What can innovative technologies do for Autism Spectrum Disorders? *Autism*, 14(3), 155-159. <https://doi.org/10.1177/1362361310365028>
- Bondy, AS., & Frost, L. (1994). *PECS Training Manual, 2nd Edition*.
- Bonnel, A., Mottron, L., Peretz, I., Trudel, M., Gallun, E., & Bonnel, A.-M. (2003). Enhanced Pitch Sensitivity in Individuals with Autism : A Signal Detection Analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(2), 226-235. <https://doi.org/10.1162/089892903321208169>
- Bonsignore, E., Ahn, J., Clegg, T., Guha, M. L., Yip, J. C., Druin, A., & Hourcade, J. P. (2013). *Embedding Participatory Design into Designs for Learning : An Untapped Interdisciplinary Resource?* <https://doi.org/10.13140/2.1.3961.7920>
- Boucenna, S., Narzisi, A., Tilmont, E., Muratori, F., Pioggia, G., Cohen, D., & Chetouani, M. (2014). Interactive Technologies for Autistic Children : A Review. *Cognitive Computation*, 6(4), 722-740. <https://doi.org/10.1007/s12559-014-9276-x>
- Boudreau, A. M., Corkum, P., Meko, K., & Smith, I. M. (2015). Peer-Mediated Pivotal Response Treatment for Young Children With Autism Spectrum Disorders : A Systematic Review. *Canadian Journal of School Psychology*, 30(3), 218-235. <https://doi.org/10.1177/0829573515581156>

- Bourgueil, O., Regnault, G., & Moutier, S. (2015). Création d'outils numériques pour personnes avec Trouble du spectre de l'autisme : De la recherche à la pratique, et vice versa. *Enfance*, 2015(01), 111-126. <https://doi.org/10.4074/S001375451500107X>
- Bourreau, Y., Roux, S., Gomot, M., & Barthélémy, C. (2009). Comportements répétés et restreints (C2R) dans les troubles autistiques : Évaluation clinique. *L'Encéphale*, 35(4), 340-346. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2008.05.004>
- Bourreau, Yannig, Roux, S., Gomot, M., Bonnet-Brilhault, F., & Barthélémy, C. (2009). Validation of the repetitive and restricted behaviour scale in autism spectrum disorders. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 18(11), 675-682. <https://doi.org/10.1007/s00787-009-0028-5>
- Boyd, B. A., Baranek, G. T., Sideris, J., Poe, M. D., Watson, L. R., Patten, E., & Miller, H. (2010). Sensory features and repetitive behaviors in children with autism and developmental delays. *Autism Research*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/aur.124>
- Briet, G., Le Sourn-Bissaoui, S., Le Maner-Idrissi, G., Peri, M., Blanco, C., Le Marec, O., & Seveno, T. (2018). *La tablette tactile : Une interface numérique pour favoriser les interactions sociales à l'école chez deux enfants présentant un trouble du spectre de l'autisme*. e-311, 15-30.
- Brosnan, M., Johnson, H., Grawmeyer, B., Chapman, E., & Benton, L. (2015). Emotion Recognition in Animated Compared to Human Stimuli in Adolescents with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(6), 1785-1796. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2338-9>
- Brossard, M. (2008). Concepts quotidiens/ concepts scientifiques : Réflexions sur une hypothèse de travail. *Carrefours de l'éducation*, 26(2), 67. <https://doi.org/10.3917/cdle.026.0067>
- Bruner, J. (1983). *Le développement de l'enfant. Savoir faire, savoir dire* (Paris : PUF).
- Burckley, E., Tincani, M., & Guld Fisher, A. (2015). An iPad™-based picture and video activity schedule increases community shopping skills of a young adult with autism spectrum disorder and intellectual disability. *Developmental Neurorehabilitation*, 18(2), 131-136. <https://doi.org/10.3109/17518423.2014.945045>
- Campillo, C., Herrera, G., Remírez de Ganuza, C., Cuesta, J. L., Abellán, R., Campos, A., Navarro, I., Sevilla, J., Pardo, C., & Amati, F. (2014). Using Tic-Tac software to reduce anxiety-related behaviour in adults with autism and learning difficulties during waiting periods : A pilot study. *Autism*, 18(3), 264-271. <https://doi.org/10.1177/1362361312472067>
- Cappe, É., Wolff, M., Bobet, R., & Adrien, J.-L. (2012). Étude de la qualité de vie et des processus d'ajustement des parents d'un enfant ayant un trouble autistique ou un syndrome d'Asperger : Effet de plusieurs variables socio-biographiques parentales et

caractéristiques liées à l'enfant. *L'Évolution Psychiatrique*, 77(2), 181-199. <https://doi.org/10.1016/j.evopsy.2012.01.008>

Caron, M.-J., Mottron, L., Berthiaume, C., & Dawson, M. (2006). Cognitive mechanisms, specificity and neural underpinnings of visuospatial peaks in autism. *Brain*, 129(7), 1789-1802. <https://doi.org/10.1093/brain/awl072>

Caverni, J.-P. (1998). Pour un code de conduite des chercheurs dans les sciences du comportement humain. *L'Année psychologique*, 98(1), 83-100. <https://doi.org/10.3406/psy.1998.28612>

Charlop-Christy, M. H., Le, L., & Freeman, K. A. (2000). A comparison of video modeling with in vivo modeling for teaching children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(6), 537-552.

Charman, T., Drew, A., Baird, C., & Baird, G. (2003). Measuring early language development in preschool children with autism spectrum disorder using the MacArthur Communicative Development Inventory (Infant Form). *Journal of Child Language*, 30(1), 213-236. <https://doi.org/10.1017/S0305000902005482>

Charrier, A., Tardif, C., & Gepner, B. (2017). Amélioration de l'exploration visuelle d'un visage par des enfants avec autisme grâce au ralentissement de la dynamique faciale : Une étude préliminaire en oculométrie = Slowing down the flow of facial information enhances facial scanning in children with autism spectrum disorders: A pilot eye tracking study. *L'Encéphale: Revue de psychiatrie clinique biologique et thérapeutique*, 43(1), 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2016.02.005>

Charrier, A. (2014). *Améliorer les compétences communicatives dans l'autisme en ralentissant les informations auditives et visuelles : Une étude longitudinale et comportementale avec l'oculométrie* [Thesis, Aix-Marseille]. <http://www.theses.fr/2014AIXM3092>

Charrier, A., Tardif, C., & Gepner, B. (2017). Amélioration de l'exploration visuelle d'un visage par des enfants avec autisme grâce au ralentissement de la dynamique faciale : Une étude préliminaire en oculométrie. *L'Encéphale*, 43(1), 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2016.02.005>

Chawarska, K., Macari, S., & Shic, F. (2012). Context modulates attention to social scenes in toddlers with autism : Context modulates social attention in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(8), 903-913. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02538.x>

Cherkassky, V. L., Kana, R. K., Keller, T. A., & Just, M. A. (2006). Functional connectivity in a baseline resting-state network in autism: *NeuroReport*, 17(16), 1687-1690. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000239956.45448.4c>

Chevallier, C., Parish-Morris, J., McVey, A., Rump, K. M., Sasson, N. J., Herrington, J. D., & Schultz, R. T. (2015). Measuring social attention and motivation in autism spectrum

disorder using eye-tracking : Stimulus type matters: Stimulus matters. *Autism Research*, 8(5), 620-628. <https://doi.org/10.1002/aur.1479>

Cihak, D., Fahrenkrog, C., Ayres, K. M., & Smith, C. (2010). The Use of Video Modeling via a Video iPod and a System of Least Prompts to Improve Transitional Behaviors for Students with Autism Spectrum Disorders in the General Education Classroom. *Journal of Positive Behavior Interventions*, 12(2), 103-115. <https://doi.org/10.1177/1098300709332346>

Cilia, F., Garry, C., Brisson, J., & Vandromme, L. (2018). Attention conjointe et exploration visuelle des enfants au développement typique et avec TSA : Synthèse des études en oculométrie. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 66(5), 304-314. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2018.06.002>

Cilia, F. (2018). *Regards, pointages, vocalisations : Perception d'indices d'attention conjointe chez les enfants présentant un Trouble du Spectre de l'Autisme* [These de doctorat, Amiens]. <https://www.theses.fr/2018AMIE0064>

Cilia, F., Aubry, A., Bourdin, B., & Vandromme, L. (2019). Comment déterminer les zones d'intérêt visuelles sans a priori ? Analyse des fixations d'enfants autistes en oculométrie. *Revue de neuropsychologie, II* (2), 144-150.

Cilia, F., Garry, C., Brisson, J., & Vandromme, L. (2017). *Impact du ralentissement d'une vidéo d'attention conjointe sur le suivi du regard d'enfants avec un TSA L'actrice regarde vers l'enfant : 100% vs 30% vs 50%*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24258.27844>

Clark, M. L. E., Austin, D. W., & Craike, M. J. (2015). Professional and Parental Attitudes Toward iPad Application Use in Autism Spectrum Disorder. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 30(3), 174-181. <https://doi.org/10.1177/1088357614537353>

Corbett, B. A., & Abdullah, M. (2005). Video modeling : Why does it work for children with autism? *Journal of Early and Intensive Behavior Intervention*, 2(1).

Courtois, C., Montrieux, H., De Grove, F., Raes, A., De Marez, L., & Schellens, T. (2014). Student acceptance of tablet devices in secondary education : A three-wave longitudinal cross-lagged case study. *Computers in Human Behavior*, 35, 278-286. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.017>

Critten, V., & Kucirkova, N. (2015). Digital Personal Stories : A Case Study of Two African Adolescents with Severe Learning and Communication Disorders. *Journal of Childhood and Developmental Disorders*, 1. <https://doi.org/10.4172/2472-1786.100007>

Cullen, J. M., Simmons-Reed, E. A., & Weaver, L. (2017). Using 21st century video prompting technology to facilitate the independence of individuals with intellectual and

developmental disabilities. *Psychology in the Schools*, 54(9), 965-978. <https://doi.org/10.1002/pits.22056>

Cumming, T. M., & Strnadova, I. (2012). The iPads as a pedagogical tool in special education : Promises and possibilities. *Special Education Perspectives*, 21, 34-46.

De Leo, G., Gonzales, C. H., Battagiri, P., & Leroy, G. (2011). A Smart-Phone Application and a Companion Website for the Improvement of the Communication Skills of Children with Autism : Clinical Rationale, Technical Development and Preliminary Results. *Journal of Medical Systems*, 35(4), 703-711. <https://doi.org/10.1007/s10916-009-9407-1>

Degenne, C., Wolff, M., Fiard, D., & Adrien, J.-L. (2019). *ESAA : Evaluation Sensorielle de l'Adulte avec Autisme* (Editions Hogrefe France).

Degenne-Richard, C. (2014). *Evaluation de la symptomatologie sensorielle des personnes adultes avec autisme et incidence des particularités sensorielles sur l'émergence des troubles du comportement* [Thesis, Paris 5]. <http://www.theses.fr/2014PA05H106>

Dellapiazza, F., Vernhet, C., Blanc, N., Miot, S., Schmidt, R., & Baghdadli, A. (2018). Links between sensory processing, adaptive behaviours, and attention in children with autism spectrum disorder : A systematic review. *Psychiatry Research*, 270, 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.09.023>

Des Portes, V., & Héron, D. (2020). Troubles du développement intellectuel. *Contraste*, 51(1), 91.

Druin, A. (2002). The role of children in the design of new technology. *Behaviour & Information Technology*, 21(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/01449290110108659>

Drusch, G., & Bastien, J. M. C. (2012). Analyzing visual scanpaths on the Web using the mean shift procedure and T-pattern detection : A bottom-up approach. *Proceedings of the 2012 Conference on Ergonomie et Interaction Homme-Machine - Ergo'IHM '12*, 181-184. <https://doi.org/10.1145/2652574.2653432>

Dündar, H., & Akçayir, M. (2014). Implementing tablet PCs in schools : Students' attitudes and opinions. *Computers in Human Behavior*, 32, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.11.020>

Dunn, K., Rydzewska, E., MacIntyre, C., Rintoul, J., & Cooper, S.-A. (2019). The prevalence and general health status of people with intellectual disabilities and autism co-occurring together : A total population study: Co-occurring intellectual disabilities and autism. *Journal of Intellectual Disability Research*, 63(4), 277-285. <https://doi.org/10.1111/jir.12573>

Dunn, W. (1999). *The Sensory Profile manual*.

- Dunn, W. (2010). *Profil Sensoriel—Mesurer l'impact des troubles sensoriels de l'enfant sur sa vie quotidienne* (ECPA).
- Dunn, W. (1997). The Impact of Sensory Processing Abilities on the Daily Lives of Young Children and Their Families : A Conceptual Model: *Infants & Young Children*, 9(4), 23-35. <https://doi.org/10.1097/00001163-199704000-00005>
- Dweck, C. S. (1986). Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, 41(10), 1040-1048.
- El Zein, F., Gevarter, C., Bryant, B., Son, S.-H., Bryant, D., Kim, M., & Solis, M. (2016). A Comparison between iPad-Assisted and Teacher-Directed Reading Instruction for Students with Autism Spectrum Disorder (ASD). *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 28(2), 195-215. <https://doi.org/10.1007/s10882-015-9458-9>
- Elsabbagh, M., Divan, G., Koh, Y.-J., Kim, Y. S., Kauchali, S., Marcín, C., Montiel-Nava, C., Patel, V., Paula, C. S., Wang, C., Yasamy, M. T., & Fombonne, E. (2012). Global Prevalence of Autism and Other Pervasive Developmental Disorders : Global epidemiology of autism. *Autism Research*, 5(3), 160-179. <https://doi.org/10.1002/aur.239>
- Fails, J. A., Guha, M. L., & Druin, A. (2012). Methods and Techniques for Involving Children in the Design of New Technology for Children. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 6(2), 85-166. <https://doi.org/10.1561/1100000018>
- Falck-Ytter, T., von Hofsten, C., Gillberg, C., & Fernell, E. (2013). Visualization and Analysis of Eye Movement Data from Children with Typical and Atypical Development. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(10), 2249-2258. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1776-0>
- Felce, D., & Emerson, E. (2001). Living with support in a home in the community : Predictors of behavioral development and household and community activity. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 7(2), 75-83. <https://doi.org/10.1002/mrdd.1011>
- Felce, D., Lowe, K., & Jones, E. (2002). Association between the Provision Characteristics and Operation of Supported Housing Services and Resident Outcomes. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 15(4), 404-418. <https://doi.org/10.1046/j.1468-3148.2002.00131.x>
- Felce, D., & Perry, J. (1995). Quality of life : Its definition and measurement. *Research in Developmental Disabilities*, 16(1), 51-74. [https://doi.org/10.1016/0891-4222\(94\)00028-8](https://doi.org/10.1016/0891-4222(94)00028-8)
- Felce, D., Perry, J., Lowe, K., & Jones, E. (2011). The Impact of Autism or Severe Challenging Behaviour on Lifestyle Outcome in Community Housing : Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 24(2), 95-104. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3148.2010.00571.x>

- Fletcher-Watson, S., & Durkin, K. (2015). *Uses of new technologies by young people with developmental disorders*. In Herwegen, Riby (eds) *Neurodevelopmental disorders : Research challenges and solutions*.
- Fletcher-Watson, S., Pain, H., Hammond, S., Humphry, A., & McConachie, H. (2016). Designing for young children with autism spectrum disorder : A case study of an iPad app. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 7, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2016.03.002>
- Fletcher-Watson, S. (2014). A Targeted Review of Computer-Assisted Learning for People with Autism Spectrum Disorder : Towards a Consistent Methodology. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1(2), 87-100. <https://doi.org/10.1007/s40489-013-0003-4>
- Fletcher-Watson, S., Petrou, A., Scott-Barrett, J., Dicks, P., Graham, C., O'Hare, A., Pain, H., & McConachie, H. (2016). A trial of an iPad™ intervention targeting social communication skills in children with autism. *Autism*, 20(7), 771-782. <https://doi.org/10.1177/1362361315605624>
- Flores, M., Musgrove, K., Renner, S., Hinton, V., Strozier, S., Franklin, S., & Hil, D. (2012). A Comparison of Communication Using the Apple iPad and a Picture-based System. *Augmentative and Alternative Communication*, 28(2), 74-84. <https://doi.org/10.3109/07434618.2011.644579>
- Folstein, S. E., & Rosen-Sheidley, B. (2001). Genetics of autism : Complex aetiology for a heterogeneous disorder. *Nature Reviews Genetics*, 2(12), 943-955. <https://doi.org/10.1038/35103559>
- Fombonne, É., Myers, J., Chavez, A., Hill, A. P., Zuckerman, K., & Pry, R. (2019). Épidémiologie de l'autisme : Où en sommes-nous ? *Enfance*, N° 1(1), 13-47.
- Foxton, J. M., Stewart, M. E., Barnard, L., Rodgers, J., Young, A. H., O'Brien, G., & Griffiths, T. D. (2003). Absence of auditory « global interference » in autism. *Brain*, 126(12), 2703-2709. <https://doi.org/10.1093/brain/awg274>
- Frauenberger, C., Good, J., & Alcorn, A. (2012). Challenges, opportunities and future perspectives in including children with disabilities in the design of interactive technology. *Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '12*, 367. <https://doi.org/10.1145/2307096.2307171>
- Frauenberger, C., Good, J., Alcorn, A., & Pain, H. (2013). Conversing through and about technologies : Design critique as an opportunity to engage children with autism and broaden research(er) perspectives. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(2), 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2013.02.001>
- Frauenberger, C., Good, J., & Keay-Bright, W. (2011). Designing technology for children with special needs : Bridging perspectives through participatory design. *Codesign-*

International Journal of Cocreation in Design and the Arts, 7(1), 1-28.
<https://doi.org/10.1080/15710882.2011.587013>

Frazier, T. W., Strauss, M., Klingemier, E. W., Zetzer, E. E., Hardan, A. Y., Eng, C., & Youngstrom, E. A. (2017). A Meta-Analysis of Gaze Differences to Social and Nonsocial Information Between Individuals With and Without Autism. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 56(7), 546-555.
<https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.05.005>

Frith, U. (1989). *Autism : Explaining the enigma*.

Frith, U. (1996). *L'énigme de l'autisme*. Odile Jacob.

Gal, E., Dyck, M. J., & Passmore, A. (2010). Relationships Between Stereotyped Movements and Sensory Processing Disorders in Children With and Without Developmental or Sensory Disorders. *American Journal of Occupational Therapy*, 64(3), 453-461.
<https://doi.org/10.5014/ajot.2010.09075>

Gal, E., Bauminger, N., Goren-Bar, D., Pianesi, F., Stock, O., Zancanaro, M., & (Tamar) Weiss, P. L. (2009). Enhancing social communication of children with high-functioning autism through a co-located interface. *AI & SOCIETY*, 24(1), 75-84.
<https://doi.org/10.1007/s00146-009-0199-0>

Galli Carminati, G., Gerber, F., Kempf-Constantin, N., & Baud, O. (2007). Evolution of adults with autism and profound intellectual disabilities living within a structured residential programme : A 21-month longitudinal study. *Schweizer Archiv Für Neurologie Und Psychiatrie*, 158(05), 233-241. <https://doi.org/10.4414/sanp.2007.01860>

Ganz, J. B., Hong, E. R., & Goodwyn, F. D. (2013). Effectiveness of the PECS Phase III app and choice between the app and traditional PECS among preschoolers with ASD. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(8), 973-983.
<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.04.003>

Gaudart, J., Girorgi, R., Thalabard, J. C., Thiam, D., & Whegang, S. (2010). *Modèles linéaires à effets mixtes*. cybertim.timone.univ-mrs.fr/infos-divers/atelierR/atelier_r_seance3

Gepner, B. (2001). "Malvoyance" du mouvement dans l'autisme infantile ? *La psychiatrie de l'enfant*, Vol. 44(1), 77-126.

Gepner, B. (2005). Malvoyance du mouvement dans l'autisme dans l'autisme : De la clinique à la recherche et à la rééducation. *L'autisme : de la recherche à la pratique*, Odile Jacob(In C. A.; C. B. ; A. B. ; J. M. ; B. Rogé (Ed.), 205-226.

Gepner, B. (2006). Le monde va trop vite pour les personnes autistes ! Hypothèses neurophysiopsychopathogéniques et implications rééducatives. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 54(6-7), 371-374.

- Gepner, B. (2008). Une nouvelle approche de l'autisme : Des désordres de la communication neuronale aux désordres de la communication humaine. *Interactions*, 1(1), 1-26.
- Gepner, B. (2014). *Autismes ralentir le monde extérieur, calmer le monde intérieur*. Paris : Odile Jacob.
- Gepner, B., Deruelle, C., & Grynfeldt, S. (2001). Motion and Emotion : A Novel Approach to the Study of Face Processing by Young Autistic Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31, 37-45.
- Gepner, B., & Féron, F. (2009). Autism : A world changing too fast for a mis-wired brain? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(8), 1227-1242. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.06.006>
- Gepner, B., Godde, A., Charrier, A., Carvalho, N., & Tardif, C. (2020). Reducing facial dynamics' speed during speech enhances attention to mouth in children with autism spectrum disorder : An eye-tracking study. *Development and Psychopathology*, 1-10. <https://doi.org/10.1017/S0954579420000292>
- Gepner, B., Lainé, F., & Tardif, C. (2010). Désordres de la constellation autistique : Un monde trop rapide pour un cerveau disconnecté ? *PSN*, 8(2), 67-76. <https://doi.org/10.1007/s11836-010-0126-y>
- Gepner, B., & Mestre, D. (2002). Brief report : Postural reactivity to fast visual motion differentiates autistic from children with Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(3), 231-238.
- Gepner, B., Mestre, D., Masson, G., & de Schonen, S. (1995). Postural effects of motion vision in young autistic children. *Neuroreport*, 6(8), 1211-1214.
- Gepner, B., & Tardif, C. (2009). Le monde va trop vite pour les autistes. *La Recherche*, 436, 56-59.
- Gerber, F., Bessero, S., Robbiani, B., Courvoisier, D. S., Baud, M. A., Traoré, M.-C., Blanco, P., Giroud, M., & Galli Carminati, G. (2011). Comparing residential programmes for adults with autism spectrum disorders and intellectual disability : Outcomes of challenging behaviour and quality of life: Quality of life and challenging behaviour. *Journal of Intellectual Disability Research*, 55(9), 918-932. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2011.01455.x>
- Germani, T., Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Brian, J., Smith, I., Roberts, W., Szatmari, P., Roncadin, C., Sacrey, L. A. R., Garon, N., & Vaillancourt, T. (2014). Brief Report : Assessment of Early Sensory Processing in Infants at High-Risk of Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(12), 3264-3270. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2175-x>

- Gillespie-Lynch, K., Kapp, S. K., Shane-Simpson, C., Smith, D. S., & Hutman, T. (2014). Intersections Between the Autism Spectrum and the Internet : Perceived Benefits and Preferred Functions of Computer-Mediated Communication. *Intellectual and Developmental Disabilities, 52*(6), 456-469. <https://doi.org/10.1352/1934-9556-52.6.456>
- Girardot, A. M., De Martino, S., Rey, V., & Poinso, F. (2009). Étude des relations entre l'imitation, l'interaction sociale et l'attention conjointe chez les enfants autistes. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 57*(4), 267-274. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2008.09.009>
- Glod, M., Riby, D. M., Honey, E., & Rodgers, J. (2015). Psychological Correlates of Sensory Processing Patterns in Individuals with Autism Spectrum Disorder : A Systematic Review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders, 2*(2), 199-221. <https://doi.org/10.1007/s40489-015-0047-8>
- Godde, A. (2017). *L'écriture manuscrite dans le trouble du spectre de l'autisme : Une étude couplant oculométrie, tablette graphique et ralentissement des stimuli* [Thesis, Aix-Marseille]. <http://www.theses.fr/2017AIXM0323>
- Golan, O., Ashwin, E., Granader, Y., McClintock, S., Day, K., Leggett, V., & Baron-Cohen, S. (2010). Enhancing Emotion Recognition in Children with Autism Spectrum Conditions : An Intervention Using Animated Vehicles with Real Emotional Faces. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 40*(3), 269-279. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0862-9>
- Goodwin, M. S. (2008). Enhancing and Accelerating the Pace of Autism Research and Treatment : The Promise of Developing Innovative Technology. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities, 23*(2), 125-128. <https://doi.org/10.1177/1088357608316678>
- Grandin, T. (1994). *Ma vie d'autiste*. Odile Jacob.
- Grandin, T. (1997). *Penser en images*. Odile Jacob.
- Green, S. A., Ben-Sasson, A., Soto, T. W., & Carter, A. S. (2012). Anxiety and Sensory Over-Responsivity in Toddlers with Autism Spectrum Disorders : Bidirectional Effects Across Time. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 42*(6), 1112-1119. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1361-3>
- Grossard, C., & Grynszpan, O. (2015). Entraînement des compétences assistées par les technologies numériques dans l'autisme : Une revue. *Enfance, 2015*(01), 67-85. <https://doi.org/10.4074/S0013754515001056>
- Grynszpan, O., Martin, J.-C., & Fossati, P. (2017). Gaze leading is associated with liking. *Acta Psychologica, 173*, 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2016.12.006>

- Grynszpan, O., Simonin, J., Martin, J.-C., & Nadel, J. (2012). Investigating social gaze as an action-perception online performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00094>
- Grynszpan, O., Weiss, P. L., Perez-Diaz, F., & Gal, E. (2014). Innovative technology-based interventions for autism spectrum disorders: A meta-analysis. *Autism*, *18*(4), 346-361. <https://doi.org/10.1177/1362361313476767>
- Guffroy, M., Teutsch, P., & Leroux, P. (2017). *Evaluer une application numérique pour et avec des élèves avec Troubles du Spectre Autistique*. Actes de conférence EIAH 2017, Strasbourg, France.
- Guha, M. L., Druin, A., & Fails, J. A. (2013). Cooperative Inquiry revisited : Reflections of the past and guidelines for the future of intergenerational co-design. *International Journal of Child-Computer Interaction*, *1*(1), 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2012.08.003>
- Guidetti, M. (1998). Les usages des gestes conventionnels chez l'enfant. In *De l'usage des gestes et des mots chez l'enfant* (Armand Collin, p. 27-50).
- Hammond, D. L., Whatley, A. D., Ayres, K. M., & Gast, D. L. (2010). Effectiveness of video modeling to teach iPod use to students with moderate intellectual disabilities. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, *45*, 525-538.
- Hanson, E., Cerban, B. M., Slater, C. M., Caccamo, L. M., Bacic, J., & Chan, E. (2013). Brief Report : Prevalence of Attention Deficit/Hyperactivity Disorder Among Individuals with an Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(6), 1459-1464. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1677-7>
- Happé, F., & Frith, U. (2006). The Weak Coherence Account : Detail-focused Cognitive Style in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *36*(1), 5-25. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0039-0>
- Hayes, S. A., & Watson, S. L. (2013). The Impact of Parenting Stress : A Meta-analysis of Studies Comparing the Experience of Parenting Stress in Parents of Children With and Without Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(3), 629-642. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1604-y>
- Heaton, T. J., & Freeth, M. (2016). Reduced visual exploration when viewing photographic scenes in individuals with autism spectrum disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, *125*(3), 399-411. <https://doi.org/10.1037/abn0000145>
- Hedges, S. H., Odom, S. L., Hume, K., & Sam, A. (2018). Technology use as a support tool by secondary students with autism. *Autism*, *22*(1), 70-79. <https://doi.org/10.1177/1362361317717976>

- Hendrix, K., van Herk, R., Verhaegh, J., & Markopoulos, P. (2009). Increasing children's social competence through games, an exploratory study. *Proceedings of IDC*, 182-185.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Weijer, J. van de. (2011). *Eye Tracking : A comprehensive guide to methods and measures*. OUP Oxford.
- Holt, S., & Yuill, N. (2017). Tablets for two : How dual tablets can facilitate other-awareness and communication in learning disabled children with autism. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 11, 72-82. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2016.10.005>
- Hong, E. R., Gong, L., Ninci, J., Morin, K., Davis, J. L., Kawaminami, S., Shi, Y., & Noro, F. (2017). A meta-analysis of single-case research on the use of tablet-mediated interventions for persons with ASD. *Research in Developmental Disabilities*, 70, 198-214. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.09.013>
- Hong, E. R., Kawaminami, S., Neely, L., Morin, K., Davis, J. L., & Gong, L. (2018). Tablet-based interventions for individuals with ASD : Evidence of generalization and maintenance effects. *Research in Developmental Disabilities*, 79, 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.01.014>
- Hopkins, I. M., Gower, M. W., Perez, T. A., Smith, D. S., Amthor, F. R., Casey Wimsatt, F., & Biasini, F. J. (2011). Avatar Assistant : Improving Social Skills in Students with an ASD Through a Computer-Based Intervention. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(11), 1543-1555. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1179-z>
- Hourcade, J. P., Bullock-Rest, N. E., & Hansen, T. E. (2012). Multitouch tablet applications and activities to enhance the social skills of children with autism spectrum disorders. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(2), 157-168. <https://doi.org/10.1007/s00779-011-0383-3>
- Huijnen, C. A. G. J., Lexis, M. A. S., Jansens, R., & de Witte, L. P. (2016). Mapping Robots to Therapy and Educational Objectives for Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(6), 2100-2114. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2740-6>
- Hussaan, A. M., Sehaba, K., & Mille, A. (2011). Tailoring Serious Games with Adaptive Pedagogical Scenarios : A Serious Game for Persons with Cognitive Disabilities. *2011 IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 486-490. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2011.152>
- Ifenthaler, D., & Schweinbenz, V. (2016). Students' Acceptance of Tablet PCs in the Classroom. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(4), 306-321. <https://doi.org/10.1080/15391523.2016.1215172>
- Jolliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1997). Are people with autism and asperger syndrome faster than normal on the embedded figures test? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38(5), 527-534.

- Jones, W., & Klin, A. (2013). Attention to eyes is present but in decline in 2–6-month-old infants later diagnosed with autism. *Nature*, *504*(7480), 427-431. <https://doi.org/10.1038/nature12715>
- Jordan, R. (2013). *Autism with severe learning difficulties*.
- Kaboski, J. R., Diehl, J. J., Beriont, J., Crowell, C. R., Villano, M., Wier, K., & Tang, K. (2015). Brief Report : A Pilot Summer Robotics Camp to Reduce Social Anxiety and Improve Social/Vocational Skills in Adolescents with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(12), 3862-3869. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2153-3>
- Kagohara, D. M. (2011). Three Students with Developmental Disabilities Learn to Operate an iPod to Access Age-Appropriate Entertainment Videos. *Journal of Behavioral Education*, *20*(1), 33-43. <https://doi.org/10.1007/s10864-010-9115-4>
- Kagohara, D. M., Sigafos, J., Achmadi, D., O'Reilly, M., & Lancioni, G. (2012). Teaching children with autism spectrum disorders to check the spelling of words. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *6*(1), 304-310. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2011.05.012>
- Kagohara, D. M., Sigafos, J., Achmadi, D., van der Meer, L., O'Reilly, M. F., & Lancioni, G. E. (2011). Teaching students with developmental disabilities to operate an iPod Touch® to listen to music. *Research in Developmental Disabilities*, *32*(6), 2987-2992. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.04.010>
- Kagohara, D. M., van der Meer, L., Achmadi, D., Green, V. A., O'Reilly, M. F., Lancioni, G. E., Sutherland, D., Lang, R., Marschik, P. B., & Sigafos, J. (2012). Teaching picture naming to two adolescents with autism spectrum disorders using systematic instruction and speech-generating devices. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *6*(3), 1224-1233. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2012.04.001>
- Kagohara, D. M., van der Meer, L., Achmadi, D., Green, V. A., O'Reilly, M. F., Mulloy, A., Lancioni, G. E., Lang, R., & Sigafos, J. (2010). Behavioral Intervention Promotes Successful Use of an iPod-Based Communication Device by an Adolescent With Autism. *Clinical Case Studies*, *9*(5), 328-338. <https://doi.org/10.1177/1534650110379633>
- Kagohara, D. M., van der Meer, L., Ramdoss, S., O'Reilly, M. F., Lancioni, G. E., Davis, T. N., Rispoli, M., Lang, R., Marschik, P. B., Sutherland, D., Green, V. A., & Sigafos, J. (2013). Using iPods® and iPads® in teaching programs for individuals with developmental disabilities : A systematic review. *Research in Developmental Disabilities*, *34*(1), 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.07.027>
- Kaiser, M. D., & Shiffrar, M. (2009). The visual perception of motion by observers with autism spectrum disorders : A review and synthesis. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*(5), 761-777. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.5.761>

- Kalandadze, T., Norbury, C., Nærland, T., & Næss, K.-A. B. (2018). Figurative language comprehension in individuals with autism spectrum disorder : A meta-analytic review. *Autism*, 22(2), 99-117. <https://doi.org/10.1177/1362361316668652>
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous child*, 2, 217-250.
- Kaufman, A. S., & Kaufman, N. L. (2013). *Kaufman Assessment Battery for Children, Second Edition* (Encyclopedia of Special Education).
- Kim, K., Rosenthal, M. Z., Gwaltney, M., Jarrold, W., Hatt, N., McIntyre, N., Swain, L., Solomon, M., & Mundy, P. (2015). A Virtual Joy-Stick Study of Emotional Responses and Social Motivation in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3891-3899. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2036-7>
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). Visual Fixation Patterns During Viewing of Naturalistic Social Situations as Predictors of Social Competence in Individuals With Autism. *Archives of General Psychiatry*, 59(9), 809. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.59.9.809>
- Knight, V., McKissick, B. R., & Saunders, A. (2013). A Review of Technology-Based Interventions to Teach Academic Skills to Students with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(11), 2628-2648. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1814-y>
- Koumpouros, Y., & Kafazis, T. (2019). Wearables and mobile technologies in Autism Spectrum Disorder interventions : A systematic literature review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 66, 101405. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2019.05.005>
- Kovarski, K. (2018). *From eyes to brain : A cross-disciplinary approach of visual functioning in Autism Spectrum Disorder* [Thesis]. Université François-Rabelais de Tours.
- Kucirkova, N., Messer, D., & Sheehy, K. (2014). The effects of personalisation on young children's spontaneous speech during shared book reading. *Journal of Pragmatics*, 71, 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.pragma.2014.07.007>
- Kuo, M. H., Orsmond, G. I., Coster, W. J., & Cohn, E. S. (2014). Media use among adolescents with autism spectrum disorder. *Autism*, 18(8), 914-923. <https://doi.org/10.1177/1362361313497832>
- Lainé, F., Tardif, C., & Gepner, B. (2008). Amélioration de la reconnaissance et de l'imitation d'expressions faciales chez des enfants autistes grâce à une présentation visuelle et sonore ralentie. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 166(7), 533-538. <https://doi.org/10.1016/j.amp.2005.09.032>
- Lainé, F., Rauzy, S., Tardif, C., & Gepner, B. (2011). Slowing Down the Presentation of Facial and Body Movements Enhances Imitation Performance in Children with Severe

- Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(8), 983-996. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1123-7>
- Lane, A. E., Young, R. L., Baker, A. E. Z., & Angley, M. T. (2010). Sensory Processing Subtypes in Autism : Association with Adaptive Behavior. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(1), 112-122. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0840-2>
- Lane, S. J., Reynolds, S., & Dumenci, L. (2012). Sensory Overresponsivity and Anxiety in Typically Developing Children and Children With Autism and Attention Deficit Hyperactivity Disorder : Cause or Coexistence? *American Journal of Occupational Therapy*, 66(5), 595-603. <https://doi.org/10.5014/ajot.2012.004523>
- Laurie, M. H., Warreyn, P., Uriarte, B. V., Boonen, C., & Fletcher-Watson, S. (2019). An International Survey of Parental Attitudes to Technology Use by Their Autistic Children at Home. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(4), 1517-1530. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3798-0>
- Le Corfec, G., Le Maner-Idrissi, G., & Le Sourn-Bissaoui, S. (2020). Qualité de vie des fratries d'enfants avec un trouble du spectre de l'autisme. Revue de littérature. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, S0222961720301343. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2020.07.002>
- Leaf, R., & MacEachin, J. (2012). *Autisme et A.B.A . : Une pédagogie du progrès*.
- Lee, A., Lang, R., Davenport, K., Moore, M., Rispoli, M., van der Meer, L., Carnett, A., Raulston, T., Tostanoski, A., & Chung, C. (2015). Comparison of therapist implemented and iPad-assisted interventions for children with autism. *Developmental Neurorehabilitation*, 18(2), 97-103. <https://doi.org/10.3109/17518423.2013.830231>
- Leekam, S. R., Prior, M. R., & Uljarevic, M. (2011). Restricted and repetitive behaviors in autism spectrum disorders : A review of research in the last decade. *Psychological Bulletin*, 137(4), 562-593. <https://doi.org/10.1037/a0023341>
- Lelord, G., & Sauvage, D. (1990). *L'autisme de l'enfant* (Masson). <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k4807882h>
- Lidstone, J., Uljarević, M., Sullivan, J., Rodgers, J., McConachie, H., Freeston, M., Le Couteur, A., Prior, M., & Leekam, S. (2014). Relations among restricted and repetitive behaviors, anxiety and sensory features in children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(2), 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.10.001>
- Liss, M., Saulnier, C., Fein, D., & Kinsbourne, M. (2006). Sensory and attention abnormalities in autistic spectrum disorders. *Autism*, 10(2), 155-172. <https://doi.org/10.1177/1362361306062021>

- Lorah, E. R., Parnell, A., Whitby, P. S., & Hantula, D. (2015). A Systematic Review of Tablet Computers and Portable Media Players as Speech Generating Devices for Individuals with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3792-3804. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2314-4>
- Lorah, E. R., Tincani, M., Dodge, J., Gilroy, S., Hickey, A., & Hantula, D. (2013). Evaluating Picture Exchange and the iPad™ as a Speech Generating Device to Teach Communication to Young Children with Autism. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 25(6), 637-649. <https://doi.org/10.1007/s10882-013-9337-1>
- Lord, C., Bishop, S., & Anderson, D. (2015). Developmental trajectories as autism phenotypes. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics*, 169(2), 198-208. <https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31440>
- Lyall, K., Schweitzer, J. B., Schmidt, R. J., Hertz-Picciotto, I., & Solomon, M. (2017). Inattention and hyperactivity in association with autism spectrum disorders in the CHARGE study. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 35, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2016.11.011>
- Malinverni, L., MoraGuiard, J., Padillo, V., Mairena, M., Hervás, A., & Pares, N. (2014). Participatory design strategies to enhance the creative contribution of children with special needs. *Proceedings of the 2014 Conference on Interaction Design and Children - IDC '14*, 85-94. <https://doi.org/10.1145/2593968.2593981>
- Marcelli, D., Bossière, M.-C., & Ducanda, A.-L. (2018). Plaidoyer pour un nouveau syndrome « Exposition précoce et excessive aux écrans » (EPEE). *Enfances & Psy*, 3(79), 142-160.
- Marcelli, D., Bossière, M.-C., & Ducanda, A.-L. (2020). L'exposition précoce et excessive aux écrans (EPEE) : Un nouveau syndrome. *Devenir*, 32(2), 119. <https://doi.org/10.3917/dev.202.0119>
- Margherita, A., Stavroula, N., Ilia, A., & Constantine, S. (2009). *The universal access handbook*. CRC Press.
- Markram, K., & Markram, H. (2010). The Intense World Theory – A Unifying Theory of the Neurobiology of Autism. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00224>
- Matson, J. L., Dempsey, T., & Fodstad, J. C. (2009). The effect of Autism Spectrum Disorders on adaptive independent living skills in adults with severe intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities*, 30(6), 1203-1211. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2009.04.001>
- Matson, J. L., Mayville, E. A., Lott, J. D., Bielecki, J., & Logan, R. (2003). A comparison of social and adaptive functioning in persons with psychosis, autism, and severe or

- profound mental retardation. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 15(1), 57-65. <https://doi.org/10.1023/A:1021404304361>
- Mazurek, M. O., Shattuck, P. T., Wagner, M., & Cooper, B. P. (2012). Prevalence and Correlates of Screen-Based Media Use Among Youths with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(8), 1757-1767. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1413-8>
- Mazurek, M. O., Vasa, R. A., Kalb, L. G., Kanne, S. M., Rosenberg, D., Keefer, A., Murray, D. S., Freedman, B., & Lowery, L. A. (2013). Anxiety, Sensory Over-Responsivity, and Gastrointestinal Problems in Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 41(1), 165-176. <https://doi.org/10.1007/s10802-012-9668-x>
- McEvoy, R. E., Rogers, S. J., & Pennington, B. F. (1993). Executive Function and Social Communication Deficits in Young Autistic Children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 34(4), 563-578. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1993.tb01036.x>
- McFadden, B., Kamps, D., & Heitzman-Powell, L. (2014). Social communication effects of peer-mediated recess intervention for children with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(12), 1699-1712. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2014.08.015>
- Meiss, E., Tardif, C., Arciszewski, T., Dauvier, B., & Gepner, B. (2015). Effets positifs d'une exposition à des séquences vidéo ralenties sur l'attention, la communication sociale et les troubles du comportement chez 4 enfants autistes sévères : Une étude translationnelle pilote. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 63(5), 302-309. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2015.01.004>
- Melonio, A., & Gennari, R. (2012). *Co-design with children : The state of the art* (p. 1-29) [Technical report]. KRDB Research Centre Technical Report.
- Mercier, C., Guffroy, M., Lefer Sauvage, G., & Lopez-Cazaux, S. (2018). Effet d'un agenda numérique sur le développement des compétences socio-cognitives chez des personnes avec autisme. *Education & Formation*, 75-88.
- Mestre, D., Rondan, C., Masson, G., Castet, E., Deruelle, C., & Gepner, B. (2002). Evaluation de la vision du mouvement chez des enfants autistes au moyen du nystagmus optocinétique. *TIPA*, 21, 192-198.
- Miller, L. J., Anzalone, M. E., Lane, S. J., Cermak, S. A., & Osten, E. T. (2007). Concept Evolution in Sensory Integration : A Proposed Nosology for Diagnosis. *American Journal of Occupational Therapy*, 61(2), 135-140. <https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.135>
- Mintz, J., Devecchi, C., & March, C. (2009). *A mobile phone solution for young people with autism : Introducing the « HANDS » project*. 2014, 09-24.

- Mirenda, P. (2003). Toward Functional Augmentative and Alternative Communication for Students With Autism: Manual Signs, Graphic Symbols, and Voice Output Communication Aids. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools, 34*(3), 203-216. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2003/017\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2003/017))
- Mitchell, P., Parsons, S., & Leonard, A. (2007). Using Virtual Environments for Teaching Social Understanding to 6 Adolescents with Autistic Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 37*(3), 589-600. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0189-8>
- Mitchell, S., Brian, J., Zwaigenbaum, L., Roberts, W., Szatmari, P., Smith, I., & Bryson, S. (2006). Early Language and Communication Development of Infants Later Diagnosed with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics, 27*(2), S69.
- Moore, D., McGrath, P., & Thorpe, J. (2000). Computer-Aided Learning for People with Autism – a Framework for Research and Development. *Innovations in Education and Training International, 37*(3), 218-228. <https://doi.org/10.1080/13558000050138452>
- Moore, D., Yufang Cheng, McGrath, P., & Powell, N. J. (2005). Collaborative Virtual Environment Technology for People With Autism. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities, 20*(4), 231-243. <https://doi.org/10.1177/10883576050200040501>
- Moore, M., & Calvert, S. (2000). Brief report: vocabulary acquisition for children with autism: teacher or computer instruction. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 30*(4), 359-362. <https://doi.org/10.1023/A:1005535602064>
- Mottron, L., & Belleville, S. (1993). A Study of Perceptual Analysis in a High-Level Autistic Subject with Exceptional Graphic Abilities. *Brain and Cognition, 23*(2), 279-309. <https://doi.org/10.1006/brcg.1993.1060>
- Mottron, L., Belleville, S., & Ménard, E. (1999). Local Bias in Autistic Subjects as Evidenced by Graphic Tasks: Perceptual Hierarchization or Working Memory Deficit? *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 40*(5), 743-755. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00490>
- Mottron, L., & Burack, J. A. (2001). Enhanced perceptual functioning in the development of autism. In *The development of autism: Perspectives from theory and research* (p. 131-148). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced Perceptual Functioning in Autism: An Update, and Eight Principles of Autistic Perception. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 36*(1), 27-43. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0040-7>

- Mulet, J., van de Leemput, C., & Amadieu, F. (in press). A critical literature review of perceptions of tablets for learning in primary and secondary schools. *Educational Psychology Review*.
- Murray, S., Noland, B., Henrion, A., & Bouchez, M.-H. (2016). *La vidéo, outil d'apprentissage pour enfants avec autisme : Guide pratique pour les parents et les professionnels*. De Boeck Supérieur.
- Nadel, J. (2005). Imitation et autisme. *Autisme, cerveau et développement*, 341-356.
- Nadel, J. (2011). *Imiter pour grandir : Développement du bébé et de l'enfant avec autisme* (Dunod).
- Nadel, J. (2014). Réhabiliter scientifiquement l'imitation au bénéfice de l'autisme. *L'information psychiatrique, Volume 90(10)*, 835-842.
- Nadel, J. (2016). *Imiter pour grandir développement du bébé et de l'enfant avec autisme*. Dunod.
- Nadel, J. (2017). Psychopathologie développementale : Une esquisse d'état des lieux en 2017. *Enfance, N° 4(4)*, 523-539.
- Nadel, J., Guérini, C., Pezé, A., & Rivet, C. (1999). The evolving nature of imitation as a format for communication. In *Imitation in infancy* (p. 209-234). Cambridge University Press.
- Nadel, J., Sagnier, É., & Tijus, C. (2017). Apprendre en s'observant faire ce que l'on n'a jamais fait : Une méthode innovante pour enfants non verbaux avec trouble du spectre de l'autisme. *Enfance, N° 2(2)*, 263-275.
- Nader-Grosbois, N. (2006). *Développement cognitif et communicatif du jeune enfant*.
- Navon, D. (1977). Forest before trees : The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology, 36(3)*, 516-524.
- Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 135(3), 370. <https://doi.org/10.2307/2344614>
- Nézereau, C., Wolff, M., Gattegno, M., & Adrien, J.-L. (2018). *Évaluation ergonomique d'applications mobiles (LearnEnjoy) dédiées à l'apprentissage scolaire et la communication pour les personnes atteintes du Trouble du Spectre de l'Autisme*.
- Nielsen, J. (1994). *Heuristic evaluation*.
- Norman, D. A., & Draper, S. W. (2017). *USER CENTERED SYSTEM DESIGN : New perspectives on human-computer*. CRC Press.

- O'Handley, R. D., & Allen, K. D. (2017). An evaluation of the production effects of video self-modeling. *Research in Developmental Disabilities, 71*, 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.09.012>
- O'Neill, S. J., Smyth, S., Smeaton, A., & O'Connor, N. E. (2019). Assistive technology : Understanding the needs and experiences of individuals with autism spectrum disorder and/or intellectual disability in Ireland and the UK. *Assistive Technology*, 1-9. <https://doi.org/10.1080/10400435.2018.1535526>
- Organisation Mondiale de la Santé. (1999). *CIM-10. Classification statistique Internationale des Maladies et des problèmes de santé connexes.*
- Organisation Mondiale de la Santé. (2016). *Liste des produits et aides techniques prioritaires. Rendre les technologies d'assistance plus accessibles à tous, partout.* https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/207701/WHO_EMP_PHI_2016.01_fre.pdf;jsessionid=F1BA1E49B608A4EB44BBD87743C630C7?sequence=2
- O'Riordan, M. A., Plaisted, K. C., Driver, J., & Baron-Cohen, S. (2001). Superior visual search in autism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 27*(3), 719-730. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.27.3.719>
- Ouss, L. (2018). *Trouble neurodéveloppemental et monde interne dans l'autisme : Des influences réciproques.* ERES. <http://www.cairn.info/construction-et-partage-du-monde-interne--9782749257846-page-27.htm>
- Over, E. A. B., Hooge, I. T. C., & Erkelens, C. J. (2006). A quantitative measure for the uniformity of fixation density : The Voronoi method. *Behavior Research Methods, 38*(2), 251-261. <https://doi.org/10.3758/BF03192777>
- Park, J. H., Abirached, B., & Zhang, Y. (2012). A framework for designing assistive technologies for teaching children with ASDs emotions. *Proceedings of the 2012 ACM Annual Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts - CHI EA '12*, 2423. <https://doi.org/10.1145/2212776.2223813>
- Parsons, S., & Cobb, S. (2011). State-of-the-art of virtual reality technologies for children on the autism spectrum. *European Journal of Special Needs Education, 26*(3), 355-366. <https://doi.org/10.1080/08856257.2011.593831>
- Pattison, A. E., & Robertson, R. E. (2016). Simultaneous Presentation of Speech and Sign Prompts to Increase MLU in Children With Intellectual Disability. *Communication Disorders Quarterly, 37*(3), 141-147. <https://doi.org/10.1177/1525740115583633>
- Pavani, J., Berna, G., Andreotti, E., Guiller, T., Antoine, P., Dauvier, B., & Congard, A. (2020). Between-Individual Differences in Baseline Well-Being and Emotion Regulation Strategy Use Moderate the Effect of a Self-Help Cognitive-Behavioral Intervention for Typical Adults. *Applied Psychology: Health and Well-Being, 12*(2), 411-431. <https://doi.org/10.1111/aphw.12189>

- Pélissier, C., & Puustinen, M. (2017). L'aide en contexte numérique d'apprentissage. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, 19(19), Article 19. <http://journals.openedition.org/dms/1915>
- Pellicano, E., & Burr, D. (2012). When the world becomes 'too real' : A Bayesian explanation of autistic perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(10), 504-510. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.08.009>
- Pellicano, E., Gibson, L., Maybery, M., Durkin, K., & Badcock, D. R. (2005). Abnormal global processing along the dorsal visual pathway in autism : A possible mechanism for weak visuospatial coherence? *Neuropsychologia*, 43(7), 1044-1053. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.10.003>
- Pelphrey, K. A., Sasson, N. J., Reznick, J. S., Paul, G., Goldman, B. D., & Piven, J. (2002). Visual Scanning of Faces in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(4), 249-261.
- Pérez-Fuster, P. (2017). *Enhancing skills in individuals with autism spectrum disorder through technology-mediated interventions* [Doctoral dissertation]. Universitat de Valencia.
- Pérez-Fuster, P., Sevilla, J., & Herrera, G. (2019). Enhancing daily living skills in four adults with autism spectrum disorder through an embodied digital technology-mediated intervention. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 58, 54-67. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2018.08.006>
- Philip, C., Bintz, É., & Régnault, G. (2014). Deux élèves avec autisme en maternelle : Usages de tablettes et applications numériques: (Projet Educare-Learn Enjoy). *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 68(4), 253. <https://doi.org/10.3917/nras.068.0253>
- Piper, A. M., O'Brien, E., Morris, M. R., & Winograd, T. (2006). SIDES : A cooperative tabletop computer game for social skills development. *Proceedings of the 2006 20th Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work - CSCW '06*, 1. <https://doi.org/10.1145/1180875.1180877>
- Plaisted, K., O'Riordan, M., & Baron-Cohen, S. (1998). Enhanced Visual Search for a Conjunctive Target in Autism : A Research Note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39(5), 777-783. <https://doi.org/10.1017/S0021963098002613>
- Planche, P., Lemonnier, E., Moalic, K., Labous, C., & Lazartigues, A. (2002). Les modalités du traitement de l'information chez les enfants autistes. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 160(8), 559-564. [https://doi.org/10.1016/S0003-4487\(02\)00231-7](https://doi.org/10.1016/S0003-4487(02)00231-7)
- Ploog, B. O., Scharf, A., Nelson, D., & Brooks, P. J. (2013). Use of Computer-Assisted Technologies (CAT) to Enhance Social, Communicative, and Language Development

in Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(2), 301-322. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1571-3>

Plumet, M.-H. (2014). *L'autisme de l'enfant : Un développement sociocognitif différent*. Paris : Armand Colin.

Poirier, A., & Goupil, G. (2008). Processus diagnostique des personnes présentant un trouble envahissant du développement au Québec : Expérience des parents. *Journal on Developmental Disabilities*, 14(3).

Porayska-Pomsta, K., Frauenberger, C., Pain, H., Rajendran, G., Smith, T., Menzies, R., Foster, M. E., Alcorn, A., Wass, S., Bernardini, S., Avramides, K., Keay-Bright, W., Chen, J., Waller, A., Guldberg, K., Good, J., & Lemon, O. (2012). *Developing Technology for autism : An interdisciplinary approach*. 16.

Postorino, V., Fatta, L. M., Sanges, V., Giovagnoli, G., De Peppo, L., Vicari, S., & Mazzone, L. (2016). Intellectual disability in Autism Spectrum Disorder : Investigation of prevalence in an Italian sample of children and adolescents. *Research in Developmental Disabilities*, 48, 193-201. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.10.020>

Privitera, C. M., & Stark, L. W. (2000). Algorithms for defining visual regions-of-interest : Comparison with eye fixations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(9), 970-982. <https://doi.org/10.1109/34.877520>

Qian, N., & Lipkin, R. M. (2011). A Learning-Style Theory for Understanding Autistic Behaviors. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00077>

Ramdoss, S., Lang, R., Mulloy, A., Franco, J., O'Reilly, M., Didden, R., & Lancioni, G. (2011). Use of Computer-Based Interventions to Teach Communication Skills to Children with Autism Spectrum Disorders : A Systematic Review. *Journal of Behavioral Education*, 20(1), 55-76. <https://doi.org/10.1007/s10864-010-9112-7>

Rebillard, C., Guillery-Girard, B., & Lebreton, K. (2017). Perception et oculométrie : Nouveau regard sur les troubles du spectre de l'autisme = Perception and eye-tracking: New insight into autism. *Revue de Neuropsychologie, Neurosciences Cognitives et Cliniques*, 9(1), 45-52.

Recordon-Gaboriaud, S., & Granier-Deferre, C. (2011). *L'Echelle Pour l'Observation des Comportements d'Adultes avec Autisme (EPOCAA)*.

Renaud, J., & Cherruault-Anouge, S. (2018). Applications numériques pour l'autonomie des personnes avec trouble du spectre de l'autisme. *Enfance*, N° 1(1), 131-146.

Reynolds, S., Bendixen, R. M., Lawrence, T., & Lane, S. J. (2011). A Pilot Study Examining Activity Participation, Sensory Responsiveness, and Competence in Children with High Functioning Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(11), 1496-1506. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1173-x>

- Riby, D. M., & Doherty, M. J. (2009). Tracking eye movements proves informative for the study of gaze direction detection in autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 3(3), 723-733. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2009.02.001>
- Richler, J., Bishop, S. L., Kleinke, J. R., & Lord, C. (2007). Restricted and Repetitive Behaviors in Young Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(1), 73-85. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0332-6>
- Rinehart, N. J., Bradshaw, J. L., Moss, S. A., Brereton, A. V., & Tonge, B. J. (2000). Atypical Interference of Local Detail on Global Processing in High-functioning Autism and Asperger's Disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41(6), 769-778. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00664>
- Rogé, B. (2015). *Autisme, comprendre et agir—Santé, éducation, insertion* (3ème édition). DUNOD.
- Rogers, S. J., Hepburn, S. L., Stackhouse, T., & Wehner, E. (2003). Imitation performance in toddlers with autism and those with other developmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(5), 763-781. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00162>
- Sabatos-DeVito, M., Schipul, S. E., Bulluck, J. C., Belger, A., & Baranek, G. T. (2016). Eye Tracking Reveals Impaired Attentional Disengagement Associated with Sensory Response Patterns in Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(4), 1319-1333. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2681-5>
- Salmon, B., Taillandier, H., Taillandier, J.-J., Scicard, J., & Biette, S. (2009). Témoignages de parents parents concernant les particularités sensorielles de leur enfant. *Le Bulletin Scientifique de l'Arapi*, 23, 46-50.
- Samson, A. C., Phillips, J. M., Parker, K. J., Shah, S., Gross, J. J., & Hardan, A. Y. (2014). Emotion Dysregulation and the Core Features of Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(7), 1766-1772. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-2022-5>
- Sanz-Cervera, P., Pastor-Cerezuela, G., Fernández-Andrés, M.-I., & Tárraga-Mínguez, R. (2015). Sensory processing in children with Autism Spectrum Disorder : Relationship with non-verbal IQ, autism severity and Attention Deficit/Hyperactivity Disorder symptomatology. *Research in Developmental Disabilities*, 45-46, 188-201. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.07.031>
- Scaife, M., & Bruner, J. S. (1975). The capacity for joint visual attention in the infant. *Nature*, 253(5489), 265-266.
- Scapin, D. L., & Bastien, J. M. C. (1996). *Inspection d'interfaces et critères ergonomiques* (Rapport de recherche RR-2901). INRIA.

- Scarpa, O., François, M., Gobert, L., Bourger, P., Dall'Asta, A., Rabih, M., Taillemite, A., Weissenbach, L., Gregoire, A., Kremer, N., Labarhi, E., Michalski, S., Parmentier, D., Picaut, G., Pierret, B., Plujat, S., Ramillon, E., Han, B., & Nadel, J. (2012). L'imitation au service de l'autisme : Une étude pilote. *Enfance*, 2012(04), 389-410. <https://doi.org/10.4074/S001375451200403x>
- Schaaf, R. C., Toth-Cohen, S., Johnson, S. L., Outten, G., & Benevides, T. W. (2011). The everyday routines of families of children with autism : Examining the impact of sensory processing difficulties on the family. *Autism*, 15(3), 373-389. <https://doi.org/10.1177/1362361310386505>
- Schmitz, C., Assaïante, C., & Gepner, B. (2002). Modulation de la réponse anticipée en fonction du poids à déléster : Étude chez l'enfant sain et l'enfant autiste. *Revue des travaux interdisciplinaires de Parole et Langage*, 21, 207-211.
- Schopler, E., Reichler, R. J., DeVellis, R. F., & Daly, K. (1980). Toward objective classification of childhood autism : Childhood Autism Rating Scale (CARS). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 10(1), 91-103.
- Schovanec, J. (2012). *Je suis à l'Est ! Savant et autiste : Un témoignage unique* (Plon).
- Sennott, S., & Bowker, A. (2009). Autism, AAC, and Proloquo2Go. *Perspectives on Augmentative and Alternative Communication*, 18(4), 137-145. <https://doi.org/10.1044/aac18.4.137>
- Shah, A., & Frith, U. (1983). AN ISLET OF ABILITY IN AUTISTIC CHILDREN : A RESEARCH NOTE. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 24(4), 613-620. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1983.tb00137.x>
- Shah, A., & Frith, U. (1993). Why Do Autistic Individuals Show Superior Performance on the Block Design Task? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 34(8), 1351-1364. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1993.tb02095.x>
- Shane, H. C., Laubscher, E. H., Schlosser, R. W., Flynn, S., Sorce, J. F., & Abramson, J. (2012). Applying Technology to Visually Support Language and Communication in Individuals with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(6), 1228-1235. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1304-z>
- Silva, L. M. T., & Schalock, M. (2012). Autism Parenting Stress Index : Initial Psychometric Evidence. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(4), 566-574. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1274-1>
- Smith, I. M., & Bryson, S. E. (1994). Imitation and action in autism : A critical review. *Psychological Bulletin*, 116(2), 259-273. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.116.2.259>

- Société Française de Psychologie. (2011). *Code éthique de la recherche SFP*. <http://www.sfpsy.org/spip.php?rubrique155>
- Song, S. (2012). Mobile technology for children with Autism Spectrum Disorder : Major trends and issues. *2012 IEEE Symposium on E-Learning, E-Management and E-Services*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/IS3e.2012.6414954>
- Sparrow, S. S., Balla, D. A., & Cicchetti, D. V. (1984). *Vineland Adaptative Behavior Scales* (American Guidance Service).
- Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., & Balla, D. A. (2005). *Vineland Adaptative Behavior Scales, Second Edition* (AGS Publishing).
- Sperry, L., Neitzel, J., & Engelhardt-Wells, K. (2010). Peer-Mediated Instruction and Intervention Strategies for Students with Autism Spectrum Disorders. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 54(4), 256-264. <https://doi.org/10.1080/10459881003800529>
- Spriggs, A. D., Knight, V., & Sherrow, L. (2015). Talking Picture Schedules : Embedding Video Models into Visual Activity Schedules to Increase Independence for Students with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3846-3861. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2315-3>
- Stanciu, R., & Delvenne, V. (2016). Traitement de l'information sensorielle dans les troubles du spectre autistique. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 64(3), 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2016.02.002>
- Stephenson, J., & Limbrick, L. (2015). A Review of the Use of Touch-Screen Mobile Devices by People with Developmental Disabilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3777-3791. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1878-8>
- Stone, W. L., Ousley, O. Y., Yoder, P. J., Hogan, K. L., & Hepburn, S. L. (1997). Nonverbal Communication in Two- and Three-Year-Old Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 27(6), 677-696. <https://doi.org/10.1023/A:1025854816091>
- Suarez, M. A. (2012). Sensory Processing in Children with Autism Spectrum Disorders and Impact on Functioning. *Pediatric Clinics of North America*, 59(1), 203-214. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.10.012>
- Swanson, M. R., & Siller, M. (2013). Patterns of gaze behavior during an eye-tracking measure of joint attention in typically developing children and children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(9), 1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.05.007>

- Tager-Flusberg, H., & Kasari, C. (2013). Minimally Verbal School-Aged Children with Autism Spectrum Disorder : The Neglected End of the Spectrum: Minimally verbal children with ASD. *Autism Research*, 6(6), 468-478. <https://doi.org/10.1002/aur.1329>
- Tardif, C., Charrier, A., & Gepner, G. (2016). Ralentir les mouvements du visage pour mieux l'explorer : Une étude en oculométrie auprès d'enfants avec troubles du spectre de l'autisme. *A.N.A.E.*, 142, 339-349.
- Tardif, C., & Gepner, B. (2014). *L'autisme* (4ème édition). Paris : Armand Colin.
- Tardif, C., & Gepner, B. (2019). *L'autisme*. (5ème édition). Paris : Dunod.
- Tardif, C., Lainé, F., Rodriguez, M., & Gepner, B. (2007). Slowing Down Presentation of Facial Movements and Vocal Sounds Enhances Facial Expression Recognition and Induces Facial-Vocal Imitation in Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(8), 1469-1484. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0223-x>
- Tardif, C., Latzko, L., Arciszewski, T., & Gepner, B. (2017). Reducing Information's Speed Improves Verbal Cognition and Behavior in Autism : A 2-Cases Report. *Pediatrics*, 139(6), e20154207. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-4207>
- Tardif, C., Thomas, K., Rey, V., & Gepner, B. (2002). Contribution à l'évaluation du système phonologique explicite chez des enfants autistes. *Parole*, 21, 35-72.
- Test, J. E., & Cornelius-White, J. H. D. (2013). Relationships between the timing of social interactions and preschoolers' engagement in preschool classrooms. *Journal of Early Childhood Research*, 11(2), 165-183. <https://doi.org/10.1177/1476718X12466217>
- Thorup, E., Nyström, P., Gredebäck, G., Bölte, S., & Falck-Ytter, T. (2016). Altered gaze following during live interaction in infants at risk for autism : An eye tracking study. *Molecular Autism*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s13229-016-0069-9>
- Tisseron, S. (2013). 3-6-9-12. *Apprivoiser les écrans et grandir* (ERES).
- Tomchek, S. D., Little, L. M., & Dunn, W. (2015). Sensory Pattern Contributions to Developmental Performance in Children With Autism Spectrum Disorder. *American Journal of Occupational Therapy*, 69(5), 6905185040p1. <https://doi.org/10.5014/ajot.2015.018044>
- Tonnsen, B. L., Boan, A. D., Bradley, C. C., Charles, J., Cohen, A., & Carpenter, L. A. (2016). Prevalence of Autism Spectrum Disorders Among Children With Intellectual Disability. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 121(6), 487-500. <https://doi.org/10.1352/1944-7558-121.6.487>
- Totsika, V., Felce, D., Kerr, M., & Hastings, R. P. (2010). Behavior Problems, Psychiatric Symptoms, and Quality of Life for Older Adults With Intellectual Disability With and

- Without Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(10), 1171-1178. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-0975-1>
- van der Meer, L., Didden, R., Sutherland, D., O'Reilly, M. F., Lancioni, G. E., & Sigafoos, J. (2012). Comparing Three Augmentative and Alternative Communication Modes for Children with Developmental Disabilities. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 24(5), 451-468. <https://doi.org/10.1007/s10882-012-9283-3>
- van der Meer, L., Kagohara, D., Achmadi, D., Green, V. A., Herrington, C., Sigafoos, J., O'Reilly, M. F., Lancioni, G. E., Lang, R., & Rispoli, M. (2011). Teaching Functional Use of an iPod-Based Speech-Generating Device to Individuals with Developmental Disabilities. *Journal of Special Education Technology*, 26(3), 1-11. <https://doi.org/10.1177/016264341102600301>
- van der Meer, L., Kagohara, D., Achmadi, D., O'Reilly, M. F., Lancioni, G. E., Sutherland, D., & Sigafoos, J. (2012). Speech-generating devices versus manual signing for children with developmental disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 33(5), 1658-1669. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.04.004>
- van der Meer, L., Sutherland, D., O'Reilly, M. F., Lancioni, G. E., & Sigafoos, J. (2012). A further comparison of manual signing, picture exchange, and speech-generating devices as communication modes for children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(4), 1247-1257. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2012.04.005>
- Vandromme, L. (2018). Introduction. *Enfance*, N° 1(1), 5-12.
- Vasilopoulou, E., & Nisbet, J. (2016). The quality of life of parents of children with autism spectrum disorder : A systematic review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 23, 36-49. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2015.11.008>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology : Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model : Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Vermeulen, P. (2013). *I am special 2 : A workbook to help children, teens and adults with autism spectrum disorders to understand their diagnosis, gain confidence and thrive.* Jessica Kingsley.
- Verpoorten, D., Glahn, C., Kravcik, M., Ternier, S., & Specht, M. (2009). Personalisation of Learning in Virtual Learning Environments. In U. Cress, V. Dimitrova, & M. Specht (Éds.), *Learning in the Synergy of Multiple Disciplines* (Vol. 5794, p. 52-66). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-04636-0_7

- Viole, B. (2014). Autisme et tablettes numériques. *Enfances & Psy*, 63(2), 123. <https://doi.org/10.3917/ep.063.0123>
- Viole, B. (2020). Autisme et mondes virtuels. De l'aide des mondes virtuels à la stabilité du soi autistique. *Psychologie Clinique*, n° 49(1), 83-89.
- Vygotski, L. S. (1985). *Pensée et langage* (Paris : Editions sociales).
- Wan, G., Kong, X., Sun, B., Yu, S., Tu, Y., Park, J., Lang, C., Koh, M., Wei, Z., Feng, Z., Lin, Y., & Kong, J. (2018). Applying Eye Tracking to Identify Autism Spectrum Disorder in Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(1), 209-215. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3690-y>
- Warren, Z. E., Zheng, Z., Swanson, A. R., Bekele, E., Zhang, L., Crittendon, J. A., Weitlauf, A. F., & Sarkar, N. (2015). Can Robotic Interaction Improve Joint Attention Skills? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(11), 3726-3734. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1918-4>
- Watson, L. R., Patten, E., Baranek, G. T., Poe, M., Boyd, B. A., Freuler, A., & Lorenzi, J. (2011). Differential Associations Between Sensory Response Patterns and Language, Social, and Communication Measures in Children With Autism or Other Developmental Disabilities. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(6), 1562-1576. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/10-0029\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0029))
- Whalen, C., Liden, L., Ingersoll, B., Dallaire, E., & Liden, S. (2006). Behavioral improvements associated with computer-assisted instruction for children with developmental disabilities. *The Journal of Speech and Language Pathology – Applied Behavior Analysis*, 1(1), 11-26. <https://doi.org/10.1037/h0100182>
- Wilkinson, G. N., & Rogers, C. E. (1973). Symbolic Description of Factorial Models for Analysis of Variance. *Applied Statistics*, 22(3), 392. <https://doi.org/10.2307/2346786>
- Willaye, E., & Magerotte, G. (2013). *Evaluation et intervention auprès des comportements défis : Déficience intellectuelle et/ou autisme*. De Boeck Supérieur.
- Williams, D. (1992). *Si on me touche, je n'existe plus*. Robert Laffont.
- Williams, D. (1996). *Quelqu'un quelque part*. J'ai lu.
- Wimmer, H., & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs : Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 13(1), 103-128. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(83\)90004-5](https://doi.org/10.1016/0010-0277(83)90004-5)
- Wimpory, D. C., Hobson, R. P., Williams, J. M. G., & Nash, S. (2000). Are infants with autism socially engaged ? A study of recent retrospective parental reports. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(6), 525-536.

- Wodka, E. L., Puts, N. A. J., Mahone, E. M., Edden, R. A. E., Tommerdahl, M., & Mostofsky, S. H. (2016). The Role of Attention in Somatosensory Processing : A Multi-trait, Multi-method Analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *46*(10), 3232-3241. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2866-6>
- Wolff, M., Gattegno, M. P., Adrien, J.-L., Gibeau, C., & Isnard, P. (2014). Contribution of tablets to the support of children and adolescents with autistic disorders. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, *48*(4-6), 261-282. <https://doi.org/10.3166/jesa.48.261-282>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). THE ROLE OF TUTORING IN PROBLEM SOLVING. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *17*(2), 89-100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Xin, J. F., & Leonard, D. A. (2015). Using iPads to Teach Communication Skills of Students with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(12), 4154-4164. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2266-8>
- Yi, L., Quinn, P. C., Fan, Y., Huang, D., Feng, C., Joseph, L., Li, J., & Lee, K. (2016). Children with Autism Spectrum Disorder scan own-race faces differently from other-race faces. *Journal of Experimental Child Psychology*, *141*, 177-186. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.09.011>
- Yu, C., Smith, L. B., & Pereira, A. F. (2008). *Grounding word learning in multimodal sensorimotor interaction*. 1017-1022.
- Zamfir, M. T. (2018). The consumption of virtual environment more than 4 hours/day in the children between 0-3 years old, can cause a syndrome similar with the autism spectrum disorder. *Journal of Romanian Literaty Studies*, *13*, 953-968.
- Zorn, S., & Puustinen, M. (2017). L'aide aux apprentissages : Le cas des collégiens avec un trouble du spectre de l'autisme et de leurs enseignants. *Recherches en éducation*, *30*. <https://doi.org/10.4000/ree.2816>

Liste des figures

Figure 1. Acteurs dans le cadre d'une bourse CIFRE et de la bourse CIFRE n°2017/0961.....	3
Figure 2. Représentation des théories perceptives dans le TSA, adaptée de la classification de Kovarski (2018)	35
Figure 3. Illustration du traitement des informations au regard de la théorie de faiblesse de cohérence centrale	38
Figure 4. Illustration schématique des deux styles d'apprentissage présentés dans le modèle de Qian et Lipkin (2011) (A) Apprentissage par interpolation : utilisation d'une fonction d'ajustement plus large, permettant d'extrapoler une tendance générale entre les points. (B) Apprentissage de style « table de correspondance » : utilisation d'une fonction d'ajustement précise.	43
Figure 5. Schématisation de la théorie du monde intense (Markram & Markram, 2010)...	47
Figure 6. Solutions numériques de la Société Auticiel ®	91
Figure 7. Interface Logiral PC (Tardif & Gepner, 2012).....	97
Figure 8. Interface Logiral Tablette (Tardif & Gepner, 2014).....	98
Figure 9. Tablette AMIKEO, Société Auticiel ®	125
Figure 10. Applications AMIKEO développées par la Société Auticiel ®	126
Figure 11. Extrait du questionnaire en ligne.....	129
Figure 12. Design expérimental de l'étude 1	132
Figure 13. Double évaluation des critères de l'AutismGuide pour l'application Séquence ™	135
Figure 14. Déterminer le niveau d'importance de chaque critère selon les applications ..	136
Figure 15. Convertir l'évaluation qualitative en évaluation quantitative	136

Figure 16. Correspondance entre l'échelle d'adjectifs et l'échelle SUS en 100 points	137
Figure 17. Evaluations quantitatives et qualitatives des applications AMIKEO à l'aide de l'AutismGuide.....	139
Figure 18. Identifier les problèmes à la suite de l'évaluation d'une application avec l'AutismGuide.....	140
Figure 19. Répartition des enfants avec TSA en clusters sur la base des scores VINELAND-II et CARS-T.....	146
Figure 20. Exemple d'une séquence visuelle numérique sur l'application Séquence TM	152
Figure 21. Exemple de scénario social sur l'application Social Handy TM	153
Figure 22. Exemple d'une séquence visuelle papier	154
Figure 23. Exemple d'une situation de jeux entre deux enfants.....	155
Figure 24. Evolution des scores en fonction du groupe et du type de test	161
Figure 25. Age moyen en communication à T0 et T1 pour les deux groupes	162
Figure 26. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en communication des enfants TSA ...	163
Figure 27. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en communication des enfants TSA ...	164
Figure 28. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en communication des enfants TSA ...	165
Figure 29. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en communication des enfants TSA ...	165
Figure 30. Age moyen en autonomie à T0 et T1 pour les deux groupes	167
Figure 31. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en autonomie des enfants TSA	168
Figure 32. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en autonomie des enfants TSA du groupe contrôle.....	168
Figure 33. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en autonomie des enfants TSA du groupe contrôle.....	170

Figure 34. Age moyen en socialisation à T0 et T1 pour les deux groupes	171
Figure 35. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en socialisation des enfants TSA	172
Figure 36. Profil 1 - Evolution individuelle de l'âge en socialisation des enfants TSA du groupe contrôle.....	172
Figure 37. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en socialisation des enfants TSA	173
Figure 38. Profil 2 - Evolution individuelle de l'âge en socialisation des enfants TSA du groupe contrôle.....	174
Figure 39. Ages de E. (groupe expérimental) et B. (groupe contrôle)	177
Figure 40. Exemple de matériel utilisé pour travailler la communication avec B.	179
Figure 41. Quizz personnalisable sur l'application Social Handy TM	180
Figure 42. Exemple de quizz créé pour travailler l'objectif en communication de E.	181
Figure 43. Exemple de quizz niveau 1 présenté à E. sur l'application Social Handy TM	181
Figure 44. Ages de E. (groupe expérimental) et B. (groupe contrôle)	182
Figure 45. Exemple de matériel utilisé pour travailler l'objectif en autonomie de B.	184
Figure 46. Créer une étape sur l'application Séquence TM.....	185
Figure 47. Exemple de séquence présentée à E. sur l'application Séquence TM	186
Figure 48. Ages de E. (groupe expérimental) et B. (groupe contrôle)	187
Figure 49. Exemple de matériel utilisé pour travailler un des objectifs en socialisation avec B.....	189
Figure 50. Créer un puzzle sur l'application Puzzle TM	190
Figure 51. Exemple de puzzle présenté à E. sur l'application Puzzle TM	191
Figure 52. Ages de E. (groupe expérimental) et B. (groupe contrôle)	192

Figure 53. Exemple d'items de la catégorie "vêtement" présentés à M. sur l'application Voice ™	198
Figure 54. Créer un item sur l'application Voice ™	199
Figure 55. Ages de M. en communication expressive à T0 et à T1	199
Figure 56. Evaluation quantitative et qualitative de l'application Voice ™ en fonction des catégories de l'AutismGuide	201
Figure 57. Exemple d'items sur la joie du jeu "intrus", niveau "débuter" (à gauche)	207
Figure 58. Ages de Q. en relations interpersonnelles à T0 et à T1	208
Figure 59. Evaluation quantitative et qualitative de l'application Autimo ™ en fonction des catégories de l'AutismGuide	209
Figure 60. Interface Logiral PC (Tardif & Gepner, 2012)	236
Figure 61. Configuration du matériel pour la passation	238
Figure 62. Affiche du dessin animé Vice-Versa	239
Figure 63. Question posée à la suite de l'extrait vidéo	241
Figure 64. Zones d'intérêts présentant le visage et le corps des personnages,	244
Figure 65. Codage des comportements à l'aide du logiciel The Observer XT 14	247
Figure 66. Durée totale des comportements inadaptés des enfants avec TSA	256
Figure 67. Durée totale du comportement d'inattention à la tâche des enfants avec TSA selon la vitesse de présentation des scènes animées.	258
Figure 68. Durée totale des fixations des enfants avec TSA selon les aires d'intérêts	261
Figure 69. Nombre de bonnes réponses des enfants avec TSA	263

Liste des tableaux

Tableau 1. Niveaux de sévérité du TSA (Mini DSM-5).....	14
Tableau 2. Modèle issu du profil sensoriel de Dunn	24
Tableau 3. Réactions comportementales en fonction des modalités sensorielles (extraits d'items du Profil Sensoriel de Dunn, 1999)	25
Tableau 4. Présentation de la population avec TSA à T0 (groupe expérimental avec outil numérique et groupe contrôle avec outil traditionnel)	147
Tableau 5. Présentation de la population avec TSA après sélection pour traitement des données.....	149
Tableau 6. Suite présentation de la population avec TSA	150
Tableau 7. Objectifs dans le cadre du protocole recherche de P.	151
Tableau 8. Objectifs dans le cadre du protocole recherche de B.	154
Tableau 9. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le LMM réalisé	160
Tableau 10. Objectifs de travail des compétences en communication, autonomie et socialisation pour les protocoles de B. et E.	176
Tableau 11. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le second LMM réalisé.....	195
Tableau 12. Grille d'observation permettant le codage des comportements	234
Tableau 13. Présentation des trois extraits de Vice-Versa	239
Tableau 14. Questions et réponses présentées suite à la diffusion des extraits vidéo	241
Tableau 15. Durée (en secondes) des vidéo pour chaque stimulus	242

Tableau 16. Présentation des différents stimuli du Protocole 1.....	243
Tableau 17. Caractéristiques de la population d'enfants avec TSA pour les données comportementales	245
Tableau 18. Caractéristiques de la population d'enfants avec TSA pour les données en oculométrie	248
Tableau 19. Caractéristiques de la population d'enfants avec TSA pour les données sur la compréhension.....	250
Tableau 20. Coefficient de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le LMM réalisé	255
Tableau 21. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le LMM réalisé	257
Tableau 22. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés pour le LMM réalisé	260
Tableau 23. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le LMM réalisé	260
Tableau 24. Coefficients de régressions non-standardisés, erreurs types et valeurs de p estimés par le second LMM réalisé.....	263

ANNEXES

Annexe 1 : Convention de collaboration dans le cadre de la bourse CIFRE n°2017/0961

Annexe 2 : CV Maëla Trémaud

Annexe 3 : Partenaires de la recherche

Annexe 4 : Convention de collaboration avec les partenaires de la recherche

Annexe 5 : Lettre d'information et de consentement libre et éclairé – Etude 1

Annexe 6 : Invitation à une réunion à destination des parents

Annexe 7 : Convention de collaboration avec la Société Auticiel

Annexe 8 : AutismGuide

Annexe 9 : Pochette Recherche

Annexe 10 : Guide d'entretien structuré à destination des professionnels

Annexe 11 : Caractéristiques population Etude 1

Annexe 12 : Données brutes (moyennes et écarts-types) des items à la CARS-T et VINELAND-II du groupe contrôle et expérimental à T0 et à T1 (Etude 1)

Annexe 13 : Scores obtenus à la VINELAND-II en communication des enfants du groupe expérimental et contrôle

Annexe 14 : Scores obtenus à la VINELAND-II en autonomie des enfants du groupe expérimental et contrôle

Annexe 15 : Scores obtenus à la VINELAND-II en socialisation des enfants du groupe expérimental et contrôle

Annexe 16 : Grille détaillée d'observation des comportements

Annexe 17 : Lettre d'information et de consentement libre et éclairé – Etude 2

Annexe 18 : Protocoles Experiment Center

Annexe 19 : Caractéristiques population Etude 2

Annexe 20 : Données brutes (moyennes et écarts-types) des durées de comportements inadaptés (Etude 2)

Annexe 21 : Données brutes (moyennes et écarts-types) des durées de fixation (Etude 2)

Annexe 22 : Données brutes (moyennes et écarts-types) des réponses aux questions de compréhension (Etude 2)

Annexe 1 : Convention de collaboration dans le cadre de la bourse CIFRE n°2017/0961



CONTRAT DE COLLABORATION DE RECHERCHE DANS LE CADRE DE LA CIFRE N°2017/0961

ENTRE

**L'Association Départementale des Parents et Amis de Personnes
Handicapées Mentales des Pyrénées-Atlantiques,**

dont le siège social se trouve 105 avenue des Lilas – BP 80123 à 64001 PAU
représentée par sa Présidente Anne-Marie CAVRET,

Ci-après désignée par « **ADAPEI DES PA** »,

d'une part,

ET

L'Université d'Aix-Marseille

Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel,
dont le siège est situé Jardin du Pharo, 58 bd Charles Livon -13284 Marseille Cedex 07
représentée par son Président, Monsieur Yvon BERLAND,

Ci-après désignée par « **AMU** »

Agissant au nom et pour le compte du Centre de Recherche en Psychologie de la Connaissance, du
Langage et de l'Emotion (PsyCLE), EA 3273, situé au 29, avenue Robert Schuman, Maison de la
Recherche – 13621 Aix-en-Provence cedex 01, dirigé par Madame Nathalie BONNARDEL,

Ci-après désigné par le « **LABORATOIRE** »,

d'autre part,

ADAPEI DES PA et AMU sont désignés individuellement par la « Partie » et conjointement par les «
Parties ».

Attendu que :

Le LABORATOIRE étudie le développement du jeune enfant et de l'enfant, ainsi que les processus de
conception, de décision, de communication et de régulation chez l'humain.

l'autre et des tiers, de la bonne exécution par son (ses) sous-traitant(s) des prestations confiées à ce dernier.

N'est considéré comme sous-traitant que la personne physique ou morale liée avec le titulaire par un contrat au titre duquel il effectue une Partie des prestations de recherche objet de la convention et/ou réalise des fournitures conformes aux spécifications propres à cette recherche.

Une convention de prestation de service de recherche ou de partenariat selon les cas, entre ADAPEI DES PA, AMU et un sous-traitant sera systématiquement proposée afin de clarifier les conditions de cette prestation ou de ce partenariat.

ARTICLE 16 - INTEGRALITE ET LIMITE DU CONTRAT

Le présent Contrat, assorti de ses annexes, exprime l'intégralité des obligations des Parties. Aucune clause figurant dans des documents envoyés ou remis par les Parties ne pourra s'y intégrer.

ARTICLE 17 - INVALIDITE D'UNE CLAUSE

Si une ou plusieurs stipulations du présent Contrat étaient tenues pour non valides ou déclarées telles en application d'un traité, d'une loi ou d'un règlement, ou encore à la suite d'une décision définitive d'une juridiction compétente, les autres stipulations garderont toute leur force et leur portée. Les Parties procéderont alors sans délai aux modifications nécessaires en respectant, dans toute la mesure du possible, l'accord de volonté existant au moment de la signature du présent contrat.

ARTICLE 18 - LITIGES

Le présent Contrat est soumis aux lois et règlements français.

En cas de difficulté sur l'interprétation ou l'exécution du présent Contrat, les Parties s'efforceront de résoudre leur différend à l'amiable.

En cas de désaccord persistant, les Tribunaux français compétents seront saisis.

Fait à Marseille en trois (3) exemplaires originaux dont un (1) pour l'ANRT, le

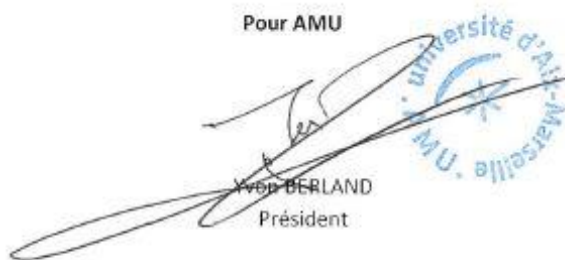
Pour ADAPEI DES PA

Anne-Marie CAVRET
Présidente



Pour AMU

YVES BERLAND
Président



Annexe 2 : CV Maëla Trémaud



Maëla TREMAUD

Psychologue

Doctorante en psychologie du développement

Née le 13 janvier 1993

06.86.01.31.25

 maelatremaud@gmail.com

Page web PsyCLé : https://centrepsyche-amu.fr/docs/maela_tremaud/

Cursus Universitaire

2017 - 2020 **Doctorat de Psychologie du développement**

Titre de la thèse : Les outils numériques sont-ils plus adaptés que les outils traditionnels pour développer les compétences socio-communicatives et adaptatives d'enfants avec un Trouble du Spectre de l'Autisme : Etudes longitudinale, avec micro-analyse comportementale et en eye-tracking

Soutenance le 5 février 2021

Directrice : Carole Tardif (Pr)

Laboratoire : Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PsyCLE, EA 3273), Aix-Marseille Université

Ecole Doctorale : 356 « Cognition, Langage, Education ».

Financement : Bourse CIFRE (ANRT, n°2017/0961) avec le Centre de Formation et de Recherche de l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques

2016 - 2017 **Master 2 Professionnel et Recherche - Psychologie du Développement, Handicap et Prévention chez l'Enfant (PDHPE)**

Université de Rouen, Mention Bien

Mémoire recherche intitulé : L'engagement social d'enfants au développement typique et porteurs de TSA dans une situation de communication médiée par ordinateur : une étude en oculométrie, dirigé par Mme Chanoni, Mention Bien

Mémoire professionnel intitulé Nouveau-né prématuré : accompagnement des parents au moment du retour à domicile, dirigé par Pr Brun, Mention Bien

2015 - 2016 **Master 2 Professionnel MESOP – Education et soins des personnes à besoins spécifiques – Spécialité Professionnelle – Autisme et TED**

Université de Rouen, Mention Bien

Mémoire professionnel intitulé : Expériences et besoins de parents d'enfants avec un TSA : Proposition d'une boîte à ressources, dirigé par Pr Brun, Mention Bien

2014 – 2015 **Master 1 – Sciences Humaines et Sociales – Mention Psychologie**
Université de Bordeaux, Mention Assez Bien

TER intitulé : Perception sociale des personnes avec autisme et vécu parental : liens entre internalisation de la stigmatisation, estime de soi et compétences éducatives parentales, dirigé par Mme Follenfant, Mention Assez Bien

2012 à 2014 **Licence – Sciences Humaines et Sociales – Mention Psychologie**
Université de Bordeaux, Mention Assez Bien

Expériences de stage

2016-2017 **Psychologue stagiaire – M2 PDHPE**
Centre Hospitalier Universitaire de Rouen – Pavillon Mère/Enfant (Rouen)
Stage professionnalisant (300h)

2015-2016 **Stagiaire MESOP – Master 2 MESOP**
Centre de Ressources pour l'Autisme de Haute-Normandie (CRAHN) (Unité de Formation Information, animation du Réseau et Recherche, UFIRR), (Rouen)
Stage d'observation au sein de l'UFIRR du CRAHN, Formations des Aidants Familiaux (35h)

2014-2015 **Psychologue stagiaire – Master 1 Psychologie**
SESSAD Les Petits Princes (Pau), Adapei des Pyrénées-Atlantiques
Stage dans un service spécialisé autisme (252h)

Formations universitaires suivies dans le cadre du doctorat

2020 **Ethique de la Recherche (10h)**
Ecole Doctorale

2020 **Publication scientifique – Rédiger un article scientifique (7h)**
Ecole Doctorale

2019 **Publications et bibliographie (8h)**
Ecole Doctorale

2018 **Intégrité scientifique (15h)**
Ecole Doctorale

2018 **Rédiger sa bibliographie de thèse avec Zotero (3h)**

Formations professionnelles suivies

- 2019** **Les particularités du traitement de l'information sensorielle dans l'autisme (21h)**
EDI Formation, Paris
- 2019** **Formation de formateur (28h)**
CFR, Adapei des Pyrénées-Atlantiques, Pau
- 2019** **Introduction au modèle de Denver (7h)**
CERESA, Pau

Expériences d'enseignements

- Licence 3** Travaux d'Etude et de Recherche (TER) sur les thèmes de l'utilisation d'un outil numérique auprès d'enfants avec un TSA
Co-Encadrement avec Pr. Carole Tardif
2018-2019 : 2 binômes
2019-2020 : 4 binômes

Expériences de formatrice

- 2017 à 2020** **Auprès de professionnels du secteur sanitaire et médico-social**
Compréhension du Trouble du Spectre de l'Autisme
Utilisation d'outils numériques dans le Trouble du Spectre de l'Autisme
Trouble du Spectre de l'Autisme et Sensorialité
Sensibilisation au handicap mental et psychique

Communications au sein du Laboratoire

Journée des doctorants

Participation à l'édition 2019 de la journée des doctorants du Centre PsyCLé : Les outils numériques sont-ils plus adaptés que les outils traditionnels pour développer les compétences socio-communicatives et adaptatives d'enfants avec TSA : Une étude écologique, longitudinale et en eye-tracking, Aix-en-Provence

Participation à l'édition 2018 de la journée des doctorants du Centre PsyCLé : Effets de l'utilisation d'un support numérique sur l'évolution des compétences d'enfants avec un TSA, Aix-en-Provence

Comité de suivi de thèse

Comité de suivi de thèse 2019-2020 :

Experts : Marie-Laure Barbier (MCF et HDR) et Raphaele Tsao (MCF et HDR)

Comité de suivi de thèse 2018-2019 :

Experts : Marie-Laure Barbier (MCF et HDR) et Raphaele Tsao (MCF et HDR)

Publications

Aguiar, Y., Galy, E., Godde, A., **Trémaud, M.**, & Tardif, C. (submitted). AutismGuide: a Usability Guidelines to Design Software Solutions for Users with Autism Spectrum Disorder. *Behavior & Information Technology*

Article en cours de soumission : Aguiar, Y., Godde, A., Pontual, T., **Trémaud, M.**, Arciszewski, T., Tardif, C., & Galy, E. Guideline to Software Solutions Adapted for Users with Autism Spectrum Disorder: Online Survey on Recommendations Relevance. *Research in Autism Spectrum Disorders*

Article en cours de rédaction suite à l'appel à soumission : **Trémaud, M.**, Aguiar, Y., Pavani, J.B., Gepner, B., Tardif, C., Les outils numériques sont-ils plus adaptés que les outils traditionnels pour développer les compétences socio-communicatives et adaptatives d'enfants avec un Trouble du Spectre de l'Autisme? Une étude longitudinale en milieu écologique. *L'Année Psychologique, Numéro spécial « Apprendre avec les technologies de l'information »*

Communications

Communications orales

Trémaud, M., Aguiar, Y., Pavani, J.B., Arciszewski, T., Gepner, B., Tardif, C., (2020, 8 octobre). *Les outils numériques sont-ils plus adaptés que les outils traditionnels pour développer les compétences socio-communicatives et adaptatives d'enfants avec un TSA ? Une étude écologique et longitudinale.* Communication orale présentée au 13ème Colloque international RIPSYDEVE, La psychologie du développement et de l'éducation pour le 21^{ème} siècle : nouveaux objets, espaces et temporalités, Université de Lorraine.

Trémaud, M., Godde, A., Aguiar, Y., Arciszewski, T., Gepner, B., Tardif, C., (2019, 24 mai). *Conséquences du ralentissement de la présentation d'un dessin animé : une étude en oculométrie auprès d'enfants avec Trouble du Spectre de l'Autisme.* Communication orale présentée au 12ème Colloque international RIPSYDEVE, Interactions entre la personne en développement et ses milieux de vie : Etudes chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte en émergence, Université de Bordeaux.

Trémaud, M., Tardif, C. & Aguiar, Y. (2018, mai). *Les enfants avec TSA et leur usage des outils numériques : mise en évidence de l'intérêt d'une application pour ralentir les informations.* Communication orale présentée au Colloque TICE Autisme, ORNA INSHEA, Suresnes.

Trémaud, M., Tardif, C. & Aguiar, Y. (2018, mai). *La tablette AMIKEO et l'application LogiralTM : une démonstration de solutions numériques personnalisées pour les personnes avec TSA.* Atelier présenté au Colloque TICE Autisme, ORNA INSHEA, Suresnes.

Trémaud, M. & Tardif, C. (2018, février). Utilisation de la tablette AMIKEO et du logiciel de ralentissement LogiralTM afin d'améliorer les compétences d'enfants avec TSA. Communication orale présentée au Colloque Avatar & Handicap, Normandie Université, Rouen.

Communications affichées

Trémaud, M., Godde, A., Aguiar, Y., Arciszewski, T., Gepner, B., Tardif, C., (2019, 7-11 octobre). *Effets de la présentation ralentie d'un dessin animé sur l'exploration visuelle d'enfants avec TSA*. Communication affichée présentée oralement à la 15^{ème} Université d'automne de l'Arapi, Qualité de vie, Santé et Autonomie, Le Croisic.

Trémaud, M., Godde, A., Aguiar, Y., Arciszewski, T., Gepner, B., Tardif, C., (2019, 13 septembre). *Visual exploration and comprehension of a cartoon displayed slowly: an eye-tracking study in children with autism spectrum disorder*. Communication affichée présentée au 12^{ème} Congrès international d'Autism Europe, Une nouvelle dynamique pour le changement et l'inclusion, Nice.

Annexe 3 : Partenaires de la recherche



Annexe 4 : Convention de collaboration avec les partenaires de la recherche



CONVENTION DE COLLABORATION

ENTRE :

L'UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE,

Etablissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel,
N° Siret : 130 015 332 00013, code APE 8542Z,
Dont le siège est situé Jardin du Pharo 58, boulevard Charles Livon, 13684 Marseille cedex 07,
Représentée par son Président, Monsieur Yvon BERLAND,

Ci-après désignée « **AMU** »,

AMU agissant au nom et pour le compte du laboratoire de Recherche en Psychologie de la
Connaissance, du Langage et de l'Emotion (EA 3273), situé 29 avenue Robert Schuman Maison de
la Recherche 13621 Aix-en-Provence, dirigé par Madame Nathalie BONNARDEL,

Ci-après désigné « **PSYCLE** », Gestionnaire de l'ETUDE

ET

**L'ASSOCIATION DEPARTEMENTALE DES PARENTS ET AMIS DE PERSONNES
HANDICAPEES MENTALES DES PYRENEES-ATLANTIQUES,**

Association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901, dont le siège social est 105 avenue des Lilas – BP
80123 64001 Pau, n° SIREN 775 638 737 00
Représentée par sa Présidente, Madame Anne-Marie CAVRET,

Ci-après désignée « **Adapei des PA** », Gestionnaire de l'ETUDE

ET

**L'ASSOCIATION DEPARTEMENTALE DES PARENTS ET AMIS DE PERSONNES
HANDICAPEES MENTALES DES HAUTES-PYRENEES,**

Association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901, dont le siège social est 5 avenue Foch BP 215
65106 Lourdes, n° SIREN 775 639 008
Représentée par sa Présidente, Madame Evelyne LUCOTTE-ROUGIER,

Ci-après désignée « **Adapei des Hautes-Pyrénées** », Partenaire de l'ETUDE

ET

Page 1 | 21

CS JMC HB ER
YB

**L'ASSOCIATION DEPARTEMENTALE DES PARENTS ET AMIS DE PERSONNES
HANIDICAPEES MENTALES DES LANDES,**

Association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901, dont le siège social est 3 rue Michel Tissé – Résidence
Marialva 40000 Mont de Marsan, n° SIREN 775 598 485
Représentée par sa Présidente, Madame Christine BLANDINIÈRES,

Ci-après désignée « **Adapei des Landes** », Partenaire de l'ETUDE

ET

LES PUPILLES DE L'ENSEIGNEMENT PUBLIC DES LANDES,

Association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901, dont le siège social 830 avenue Maréchal Foch 40000
Mont de Marsan, n° SIREN 384 695 474
Représentée par son Président, Monsieur Gérard SAUBION,

Ci-après désignée « **PEP 40** », Partenaire de l'ETUDE

L'Adapei des PA, l'Adapei des Hautes-Pyrénées, l'Adapei des Landes et PEP 40 pouvant ci-après
être désignées par les « ASSOCIATIONS ».

AMU, Adapei des PA, Adapei des Hautes-Pyrénées, Adapei des Landes et les PEP 40 pouvant ci-après
être désignées individuellement par la « Partie » ou collectivement par les « Parties ».

IL EST PREALABLEMENT EXPOSE QUE :

AMU et en particulier le laboratoire PSYCLE, étudie le développement du jeune enfant et de
l'enfant, ainsi que le processus de conception, de décision, de communication et de régulation chez
l'humain.

L'Adapei des PA, l'Adapei des Hautes-Pyrénées, l'Adapei des Landes et les PEP 40 ont pour
objectif principal de créer des structures et services médico-sociaux couvrant toutes les tranches
d'âges et tous les degrés de handicap, adaptés à l'accueil de personnes en situation de handicap.

AMU et l'Adapei des PA ont signé le 28 mars 2018, une convention de collaboration de recherche
relative à la CIFRE n° 2017/0961 par laquelle AMU et l'Adapei des PA ont convenu de collaborer
sur la recherche intitulée « Effets de l'utilisation d'un support numérique afin d'améliorer les
compétences d'enfants avec un TSA », ci-après désignée l'« ETUDE », confiée au salarié-doctorant
Madame Maëla Trémaud, ci-après désignée le « DOCTORANT CIFRE ».

AMU et plus particulièrement le laboratoire PSYCLE, et l'Adapei des PA souhaitent développer
l'ETUDE grâce à la participation de quarante-deux enfants avec Trouble du Spectre de l'Autisme
(TSA) dans le cadre d'une recherche intitulée : « Evaluer les compétences de communication,
d'autonomie et de socialisation avec/sans support numérique auprès d'enfants avec un TSA », ci-
après dénommée la « Recherche », décrite en annexes 1 et 2 du présent contrat, dont l'objectif

15.3 Assurances

Chaque Partie, devra souscrire et maintenir en vigueur les polices d'assurance nécessaires pour garantir les conséquences de la mise en jeu de sa responsabilité en raison des éventuels dommages aux biens ou aux personnes qui pourraient survenir dans le cadre de l'exécution du présent Contrat.


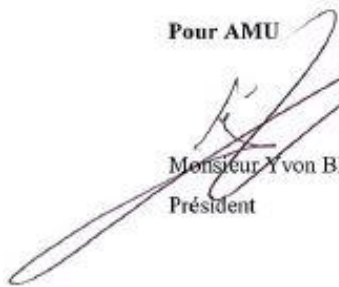
Article 16 – Clause de compétence juridictionnelle - Litige

Le Contrat est soumis au droit français.

Les Parties s'engagent à tenter de résoudre à l'amiable tout différend susceptible d'intervenir entre elles. A défaut de règlement amiable, attribution de juridiction est faite aux tribunaux compétents.

Fait à Marseille, le 19/03/2019 en cinq (5) exemplaires originaux,

Pour AMU



Monsieur Yvon BERLAND
Président

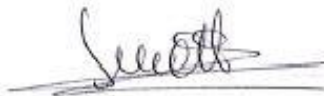
Pour l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques

Madame Anne-Marie CAVRET
Présidente



Pour l'Adapei des Hautes-Pyrénées

Madame Evelyne LUCOTTE-ROUGIER
Présidente




Pour l'Adapei des Landes

Madame Christine BLANDINIÈRES
Présidente



Pour les PEP 40



Monsieur Gérard SAUBION
Président

Annexe 5 : Lettre d'information et de consentement libre et éclairé – Etude 1

NOTICE D'INFORMATION DESTINEE AUX REPRESENTANTS D'UN SUJET MINEUR

Effets de l'utilisation d'un support numérique sur l'évolution des compétences d'enfants avec un TSA

Menée par Maëla TREMAUD (maela.tremaud@etu.univ-amu.fr ; 06.86.01.31.25)

Doctorante en psychologie du développement à l'université d'Aix-Marseille,
sous la direction du Pr Carole Tardif

et à l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques, sous la direction de Mr François Lalanne

Madame, Mademoiselle, Monsieur,

L'investigatrice principale, Trémaud Maëla, sous la direction du Professeure Carole Tardif, et du Directeur Général Mr François Lalanne, vous a proposé de participer au protocole de recherche intitulé : « Effets de l'utilisation d'un support numérique sur l'évolution des compétences d'enfants avec un TSA ».

Nous vous proposons de lire attentivement cette notice d'information qui a pour but de répondre aux questions que vous seriez susceptible de vous poser avant de prendre votre décision de participation.

Vous pourrez durant l'essai vous adresser à l'investigatrice pour lui poser toutes les questions complémentaires.

Vous avez accepté d'envisager que votre enfant (**Nom** **Prénom**) participe à l'étude intitulée : « Effets de l'utilisation d'un support numérique sur l'évolution des compétences d'enfants avec un TSA ».

QUESTION DE RECHERCHE ET OBJECTIF

Dans ce contexte très actuel et à fort enjeu sociétal (comme en témoigne les nombreux projets autour de la technologie numérique et du TSA par la Fondation Orange, l'Agence Nationale de la Recherche, etc.) où la demande des usagers, des professionnels et des familles accompagnant les enfants avec TSA est grande et où l'offre apportée par la technologie numérique est de plus en plus diversifiée et massive, il convient de mener une réflexion sur l'utilisation des outils numériques et plus précisément dans l'objectif de vérifier si l'utilisation des outils numériques lors de l'accompagnement des enfants avec TSA améliore leurs compétences dans plusieurs domaines ciblés : socialisation, autonomie, communication, fonctions particulièrement altérées dans cette population. Nous cherchons donc dans le cadre de cette étude, à tester l'effet de l'utilisation d'une tablette tactile en comparaison à un support traditionnel, sur l'évolution des compétences des enfants avec un TSA.

POURQUOI FAIRE CETTE EXPERIENCE ?

Aujourd'hui, les enfants grandissent dans un monde toujours plus connecté. Ces nouveaux outils numériques peuvent être bénéfiques pour des personnes présentant des déficits de la communication et des interactions sociales, comme c'est le cas des enfants avec un Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA). De ce fait, certains spécialistes de l'autisme ont vivement recommandé l'utilisation de ces nouvelles technologies dans le but d'améliorer les compétences de ces enfants en ayant recours notamment à des applications sur tablette. C'est ce domaine qui va précisément intéresser notre recherche.

Un grand nombre d'outils numériques à visée rééducative existe. Malgré le fait qu'il semble que les enfants avec TSA aient un véritable intérêt pour ces outils, nous n'avons que très peu de données sur leur utilisation et leur efficacité. Notre question de recherche est donc la suivante : l'utilisation des outils numériques a-t-elle un effet sur l'évolution des compétences des enfants avec TSA?

L'objectif de cette étude consiste donc à vérifier si l'utilisation des outils numériques lors de l'accompagnement des enfants avec TSA améliore leurs compétences dans plusieurs domaines ciblés (socialisation, autonomie, communication). Nous cherchons dans le cadre de cette étude, à tester l'effet de l'utilisation d'une tablette tactile en comparaison à un support traditionnel, sur l'évolution des compétences des enfants avec un TSA.

QUELLE EST LA METHODOLOGIE ET L'EXPERIMENTATION ?

Votre enfant va donc participer à une recherche en psychologie du développement sur l'utilisation des outils numériques. Cette dernière est déclinée en deux études :

- Une étude d'une année au sein de l'établissement qui accompagne votre enfant dont l'objectif est d'évaluer l'évolution de ses compétences dans différents domaines (autonomie, communication, socialisation) selon qu'il y ait, ou non, un recours à l'outil numérique ;
- Une étude complémentaire de la précédente et axée quant à elle sur l'évaluation et l'amélioration d'outils numériques à destination des utilisateurs avec TSA dont l'objectif est d'analyser les données d'utilisation des enfants avec TSA du groupe expérimental obtenues à partir de l'usage des applications de la tablette AMIKEO durant l'étude précédente. Ces informations seront utilisées afin d'affiner les recommandations liées à l'utilisabilité et au développement d'outils numériques à destination des utilisateurs avec TSA.

Concernant la première étude, les compétences en autonomie, communication, et socialisation seront travaillées tout au long de l'année du suivi longitudinal à partir de séances de travail réalisées avec des professionnels des établissements partenaires de la recherche. Les professionnels travailleront ces objectifs en faisant varier le matériel : une partie des enfants utilisera un support numérique ; et l'autre utilisera un support traditionnel.

QUELS SONT LES BENEFICES ATTENDUS ?

Les bénéfices potentiels pour votre enfant sont les suivants : une amélioration de ses compétences suite à la mise en place d'un accompagnement avec l'utilisation de deux types d'outils, c'est-à-dire un outil numérique type tablette tactile, et des outils et supports traditionnels.

QUELLES SONT LES CONTRAINTES ET DESAGREMENTS ?

Ceci ne s'applique pas à notre recherche puisque non invasive, et que chaque enfant a un référent recherche dans l'établissement qui l'accompagne.

QUELS SONT VOS DROITS EN TANT QUE PARTICIPANT(E) A CETTE RECHERCHE ?

La participation de votre enfant est basée sur le volontariat, il peut refuser de participer à cette étude ou vous pouvez refuser qu'il y participe sans fournir aucune forme de justification. De plus, au cours de la séance d'expérimentation, votre enfant est libre d'interrompre sa participation au protocole à tout moment, sans aucune conséquence pour lui.

Les promoteurs de cette recherche sont le Centre de Recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PsyCLé, EA. 3273) et l'Association Départementale des Parents et Amis de Personnes Handicapées Mentales (ADAPEI) des Pyrénées-Atlantiques (64) dans le cadre d'une bourse CIFRE. Cette étude est réalisée sous la direction du Professeure Carole Tardif, et du Directeur Général Mr François Lalanne.

Le promoteur de cette recherche, l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques, a conformément à la loi, contracté une assurance souscrit auprès de la société : MAIF, pour chacun des établissements, et notamment ceux concernés par la recherche. Elle souscrit également à une garantie complémentaire « hors centre » pour chacun des usagers accueillis au sein de l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques, ce qui signifie que ces derniers sont assurés pour tous les risques de la vie 24 heures sur 24. Enfin, l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques souscrit à une responsabilité civile pour tous les résidents, qui n'ont ainsi pas d'obligation à souscrire à une responsabilité civile à titre personnel.

Les modalités de ce protocole ont été soumises à avis et autorisation auprès du comité d'éthique AMU, lequel a pour mission de vérifier les conditions requises pour la protection de votre enfant et le respect de ses droits :

Les données recueillies seront stockées sur fichiers informatiques sous un code (les initiales suivis par la date de l'expérience) connu de seul investigateur et seront anonymes (le nom de votre enfant ne sera pas enregistré dans le fichier).

Conformément aux dispositions de loi relative à l'informatique et aux libertés (loi n°78-17 du 6 janvier 1978 modifiée par la loi n°2004-801 du 6 août 2004) vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et d'opposition, relatif au traitement de ces données personnelles. Ces droits s'exercent auprès de l'investigatrice principale de l'étude.

Vous serez informé des résultats globaux de l'essai de votre enfant par les investigatrices principales (article L.1122-1 du Code de la Santé Publique) selon les modalités suivantes : en vous adressant à Maëla Trémaud et Carole Tardif.

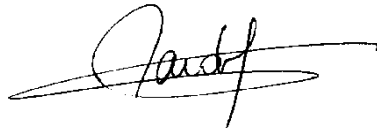
Ce document vous appartient et nous vous invitons à en discuter avec votre enfant et vos proches.

Nous restons à votre disposition pour toute question de votre part. Veuillez agréer Madame, Monsieur, l'expression de nos sincères salutations.

Maëla TREMAUD

Carole TARDIF

François Lalanne



SIGNATURE DES REPRESENTANTS LEGAUX DU SUJET MINEUR :

NOM : **Prénom :**

Date de naissance :

Adresse :

Téléphone(s) :

Formulaire de consentement libre et éclairé concernant une recherche intitulée :

« Effets de l'utilisation d'un support numérique sur l'évolution des compétences d'enfants avec un TSA »

Menée par Maëla TREMAUD (maela.tremaud@etu.univ-amu.fr ; 06.86.01.31.25)
Doctorante en psychologie du développement à l'université d'Aix-Marseille,
sous la direction du Pr Carole Tardif
et à l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques, sous la direction de Mr François Lalanne

Maëla Trémaud, (maela.tremaud@adapei64.fr ou maela.tremaud@etu.univ-amu.fr) doctorante, sous la direction du Professeure Carole Tardif, et du Directeur Général Mr François Lalanne, m'a proposée de participer à la recherche intitulée : « Effets de l'utilisation d'un support numérique sur l'évolution des compétences d'enfants avec un TSA ».

J'ai pris connaissance de la note d'information m'expliquant le protocole de recherche mentionné ci-dessus. J'ai pu poser toutes les questions que je voulais, j'ai reçu des réponses adaptées. J'ai disposé d'un temps de réflexion suffisant entre le moment de l'information et celui du consentement.

J'ai noté que les données recueillies lors de cette recherche demeureront strictement confidentielles. J'ai aussi été informé(e) que les données de l'étude ainsi que les résultats pourront être utilisés pour des publications scientifiques ou des communications lors de colloques, néanmoins l'identité de mon enfant n'apparaîtra dans aucun rapport ou publication. Toute information le concernant sera traitée de façon confidentielle. L'anonymat sera parfaitement respecté.

J'accepte le traitement informatisé des données nominatives qui concernent mon enfant en conformité avec les dispositions de la loi n°2004-801 du 6 août 2004 relative à la protection des personnes et modifiant la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés. J'ai noté que je pourrai exercer mon droit d'accès et de rectification garanti par les articles 39 et 40 de cette loi en m'adressant auprès de Maëla Trémaud.

J'ai compris que je pouvais refuser que mon enfant participe à cette étude sans conséquence pour lui, et que je pourrai retirer mon consentement à tout moment (avant et en cours d'étude) sans avoir à me justifier et sans conséquence.

Compte tenu des informations qui m'ont été transmises, j'accepte librement et volontairement que mon enfant participe à la recherche intitulée : « Effets de l'utilisation d'un support numérique sur l'évolution des compétences d'enfants avec un TSA ».

Mon consentement ne décharge pas l'investigateur et le promoteur de leurs responsabilités à mon égard.

En l'absence d'autonomie de lecture et d'écriture du participant à la recherche, la tierce personne ci-dessous identifiée, totalement indépendante de l'investigateur et du promoteur, atteste avoir personnellement et fidèlement lu au participant la notice d'information et le présent formulaire de consentement et recueilli son accord pour signer ci-dessous en son nom.

Fait à..... le

Participant à la recherche (ou son représentant) :

Investigateurs principaux :

Nom Prénom

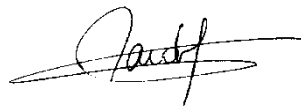
Nom Prénom

Nom Prénom

Tardif Carole

Lalanne François

Signatures :



(Précédée de la mention : Lu, compris et approuvé)

Autre investigateur : Nom Prénom

Trémaud Maëla



Troubles du Spectre de l'Autisme et outils numériques

**Présentation d'une « recherche-action »
au sein de l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques,
au bénéfice des enfants avec TSA et de leurs familles**

le lundi 5 février et le mercredi 7 février 2018 à 17h30
au Centre de Formation et de Recherche de l'ADAPEI des Pyrénées-Atlantiques

INVITATION



CONVENTION DE PARTENARIAT

AUTICIEL – AMU, PSYCLE – ADAPEI 64 2017-2020

Entre d'une part :

AUTICIEL,
Société par actions simplifiée
Dont le siège social est domicilié 9 rue Charles Fourier,
91000 EVRY



Représentée par Madame Sarah CHERRUAULT-
ANOUGE, Présidente.

Ci-après désignée AUTICIEL,

Et d'autre part :

L'Université d'Aix-Marseille
Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel,
dont le siège est situé Jardin du Pharo, 58 bd Charles Livon
-13284 Marseille Cedex 07
représentée par son Président, Monsieur Yvon BERLAND,



Ci-après désignée par « AMU »

Agissant au nom et pour le compte du Centre de Recherche en Psychologie de la
Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PsyCLE), EA 3273, situé au 29, avenue Robert
Schuman, Maison de la Recherche – 13621 Aix-en-Provence cedex 01, dirigé par Madame
Nathalie BONNARDEL,



Ci-après désigné par le « LABORATOIRE »,

Et d'autre part :

L'ASSOCIATION DEPARTEMENTALE DES PARENTS ET AMIS DE PERSONNES
HANIDICAPEES MENTALES DES PYRENEES-ATLANTIQUES,

Association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901, dont le
siège social est 105 avenue des Lilas – BP 80123 64001
Pau, n° SIREN 775 638 737 00
Représentée par sa Présidente, Madame Anne-Marie
CAVRET,



Ci-après désignée « **ADAPEI DES PA** »,

Collectivement désignées « les Partenaires » ou « les Parties », et individuellement « le
Partenaire » ou « la Partie ».

Il a été convenu et arrêté ce qui suit :

PREAMBULE

1. Présentation des parties

AUTICIEL a fixé comme l'une des priorités de son action le développement d'applications mobiles adaptées aux besoins éducatifs particuliers des personnes présentant des Troubles du Spectre Autistique (TSA) et/ou une déficience intellectuelle. Ces applications, développées sur tablettes Android et iPad, comprennent notamment des exercices d'apprentissage adaptés ainsi que des outils d'aide à l'autonomie très personnalisables pour s'adapter au profil de l'utilisateur. Dans ce cadre, Auticiel cherche à évaluer les apports de ses applications auprès du public visé.

Le Centre de Recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion (appelé Centre **PsyCLÉ**) est un laboratoire de recherche (E.A. 3273) de l'Université Aix-Marseille, dirigé par le Pr. Nathalie Bonnardel, et appartenant à l'Ecole Doctorale 356 « Cognition, Langage, Education », à laquelle est rattachée la doctorante. Dans ce laboratoire, les travaux portent, entre autres, sur l'étude des fonctions essentielles pour le développement de l'enfant, telles que les compétences sociales, communicatives, sensori-motrices, émotionnelles ou imitatives, que ce soit dans le cas d'un développement typique ou atypique. Dans cet axe-là, les travaux de recherche fondamentale et appliquée de Carole Tardif (directrice de cette thèse) s'inscrivent dans le champ de la psychopathologie développementale et visent d'une part à mieux comprendre les altérations de certaines fonctions développementales, notamment des altérations de la communication et des interactions sociales mais aussi du traitement des informations sensorielles, émotionnelles ou perceptives dans le TSA, et d'autre part, à tenter d'y remédier grâce au développement d'applications ou outils d'aide à la communication.

L'Association Départementale des Parents et Amis de Personnes Handicapées Mentales (Adapei) des Pyrénées-Atlantiques (64) quant à elle, a pour objectif principal de créer des structures adaptées à l'accueil de personnes en situation de handicap. Elle dispose de 41

Fait en trois (3) exemplaires, le : 23/7/2019
A :

Pour l'ADAPEI des PA
Mme Anne-Marie CAVRET

Présidente



Adapei des Pyrénées Atlantiques

Siège Social
105, avenue des Lilas - BP 80123
64001 PAU Cedex
Tél. : 05 59 84 64 89
Fax : 05 59 84 61 18

Fait en trois (3) exemplaires, le : 30/08/19
A :

Pour AMU
M. Yvon BERLAND

Président



Fait en trois (3) exemplaires, le : 26 juillet 2019
A : Paris

Pour AUTICIEL

Mme Sarah CHERRUAULT-ANOUGE

Présidente


AUTICIEL
RCS EVRY 795 083 633
9 rue Charles Foucher 91600 EVRY
Scté au capital de 12 923,00€

Annexe 8 : AutismGuide

Inspecteur (évaluateur)

Prénom Nom

Application

Nom de l'application

AutismGuide - Critères		
General Usability Principles : L'application numérique (software) pour les utilisateurs avec TSA doit ...	GUP_01	être utile, il répond à ses objectifs de création
	GUP_02	être efficient, il est le plus performant possible
	GUP_03	être fonctionnel (correct, sans dysfonctionnement, sans bug)
Functional Requirements (to caregiver profile) : L'application numérique (software) pour les utilisateurs avec TSA doit avoir un profil (accès) réservé aux professionnels, parents, accompagnant (aidants) afin qu'ils puissent en gérer l'accès. Ce profil doit ...	FRQ_01	être protégé par un mot de passe
	FRQ_02	permettre que les différents aidants définissent collectivement les objectifs d'intervention en fonction des besoins identifiés dans le projet de vie de la personne avec TSA
	FRQ_03	permettre d'importer et d'exporter les informations sur la performance de l'utilisateur principal (personne avec TSA) au format des rapports (PEI: Programmes d'Enseignement Individualisé; PPS : Projet Personnalisé de Scolarisation; ou équivalent).
	FRQ_04	permettre l'échange d'expérience, via l'outil numérique, entre les différents aidants
	FRQ_05	permettre la sauvegarde les données de l'application (médiats, paramètres personnalisés, performance de l'utilisateur, plan d'intervention, activités, etc.)
	FRQ_06	permettre d'avoir l'autorisation de l'utilisateur ou du tuteur pour l'enregistrement des données d'usage (performance)
	FRQ_07	permettre de personnaliser les paramètres d'évaluation de la performance (temps d'exécution d'une tâche, nombre d'essais dans une tâche, etc.)
	FRQ_08	permettre de personnaliser les interventions (modifier le plan d'intervention, les tâches, les messages de renforcement positive et de conseils, les consignes, le timer, le contrôle parentale, etc.)
	FRQ_09	permettre de générer des versions des plans d'intervention et des tâches (différents niveaux de difficulté)
	FRQ_10	permettre de partager des plans d'intervention et des tâches avec les utilisateurs ayant des besoins similaires

Non-Functional Requirements : L'outil numérique pour les utilisateurs avec TSA doit ...	NFRQ_01	posséder une longue durée de vie (matériel résistant, sans nécessité d'être remplacé fréquemment, etc.) et haute disponibilité (indépendante du wifi et disponible via web, tablette et pc)
	NFRQ_02	posséder la même apparence que les ressources destinées au grand public (tablette, smartphone, etc.)
	NFRQ_03	posséder un écran suffisamment grand pour en favoriser l'utilisation (choisir parmi des icônes, choisir une option de menu, entrer des données, etc.) et la lecture des informations affichée
	NFRQ_04	posséder une consommation réduite de batterie
	NFRQ_05	posséder une bonne qualité de caméra
	NFRQ_06	posséder une bonne qualité du microphone (réduire les bruits environnant pendant l'enregistrement)
	NFRQ_07	éviter de devoir coordonner l'œil et la main (souris, clavier et écran séparés) en favorisant les outils tactiles
	NFRQ_08	permettre d'être accessible financièrement (plusieurs options possibles d'abonnement, de durée, version gratuite, période d'essai)
	NFRQ_09	permettre la connexion à des enceintes bluetooth sans sortir de l'application
	NFRQ_10	permettre de crypter les données sauvegardées
	NFRQ_11	permettre d'avoir un contrôle parental simple (pour bloquer l'accès à l'internet, sites ou applications)
	NFRQ_12	posséder des services d'assistance aux utilisateurs (support téléphonique ou en ligne)
Workload : L'application numérique (software) pour les utilisateurs avec TSA doit favoriser leur : perception, concentration, attention, mémoire, etc. Donc il doit ...	WKLD_01	présenter une interface minimaliste, simple et claire (éviter l'usage d'image en arrière-plan ; la police d'écriture doit être sans serif et en couleurs douces ; utiliser couleur et luminosité pour mettre en évidence les éléments les plus importants ; etc.)
	WKLD_02	présenter deux modes (impression papier et affichage sur l'écran) que ce soit pour les tâches de concentration ou de lecture
	WKLD_03	éviter la grande quantité simultanée de fonctionnalités, d'images, d'animations, etc.
	WKLD_04	éviter la présence d'information non pertinente (source de distraction dans les différents médias - audio, image, texte, etc.)
	WKLD_05	éviter l'usage de sons forts (d'explosion, de sirènes, etc.)

	WKLD_06	posséder filtres pré-établies pour la configuration des couleurs (éviter les couleurs "négatives" et une trop haute luminosité)
Significance of Codes / L'application numérique (software) pour les utilisateurs avec TSA doit présenter des codes (icône, images, termes, etc.) avec un sens facilement compréhensible pour ces utilisateurs. Donc il doit ...	SGCD_01	adopter un langage textuel familier
	SGCD_02	adopter un langage visuel familier
	SGCD_03	adopter un langage textuel simple, clair, précis (sans acronymes, abréviations, jargon, textes non littéraires - métaphore, ironie, second degré, etc.)
	SGCD_04	adopter un langage visuel facile à comprendre (image, icône, photographie, dessin, symbole, etc.)
Consistency : L'application numérique (software) pour les utilisateurs avec TSA doit conserver le même modèle d'interface, de navigation et des éléments d'interaction (icône, menu déroulant, variété de choix dans l'interface, champ de données, etc.) tout au long de son utilisation. Donc il doit...	CNST_01	être constant dans ses différentes parties: la mise en page, les éléments d'interaction et de navigation
	CNST_02	présenter des contenus prévisibles
Error Management : L'application numérique (software) pour les utilisateurs avec TSA doit leur permettre d'éviter ou de réduire leurs erreurs. Donc il doit...	ERRM_01	permettre de pouvoir confirmer, annuler, réparer des actions et d'explicitier toute impossibilité d'action
	ERRM_02	permettre de revenir sur une erreur et, si nécessaire, avec une aide multimédia et multimodale avec la présentation de différents médias simultanée (texte, audio , vidéo, image, etc.)
	ERRM_03	présenter des messages d'erreur de bonne qualité (message clair et multimédia et multimodale avec la présentation de différents médias simultanée : texte, audio, vidéo, image, etc.); sans restreindre l'indication d'un succès ou d'un échec uniquement à une couleur ou à des expressions faciales (grimace, sourire, rire, etc.) ou à terms négatives ("perdue" ou "erreur" ou "échec", etc.)
	ERRM_04	permettre la prévention des erreurs liées à l'utilisation du tactile et des boutons de l'outil
Compatibility : L'application numérique (software) pour les utilisateurs avec TSA doit prendre en compte leurs caractéristiques (habitudes, compétences, âge, attentes, etc.) pour adapter les tâches à réaliser, la navigation, la mise en page, etc. Donc il doit...	CMPT_01	considérer les aspects démographiques des utilisateurs (âge, genre, etc.)
	CMPT_02	présenter des consignes adéquates
	CMPT_03	présenter un langage adéquat, multimédia et multimodale avec la présentation de différents médias simultanée (texte, audio, vidéo, image, etc.)
	CMPT_04	permettre de décomposer, répéter et recommencer les tâches

	CMPT_05	permettre d'essayer la réponse correcte certaines fois, avant de donner des indices ou la réponse correcte
	CMPT_06	permettre l'expression par le tactile (dessiner ou écrire au choix avec le doigt, le stylet, ou avec le clavier digital)
Explicit Control : L'application numérique (software) pour les utilisateurs avec TSA doit leur permettre de toujours avoir la main, de pouvoir contrôler le déroulement (ex.: interrompre, reprendre) des traitements informatiques en cours, etc. Donc il doit...	ECTL_01	permettre à l'utilisateur principal (personne avec TSA) de personnaliser l'application
	ECTL_02	laisser à l'utilisateur principal (personne avec TSA) la liberté de navigation
	ECTL_03	faciliter la sélection des éléments d'interaction (icône, menu déroulant, variété de choix dans l'interface, champ de données, etc.) comportant une taille suffisamment grande
	ECTL_04	permettre l'affichage d'un timer (éducation structurée) afin de prévoir le temps d'exécution de la tâche
	ECTL_05	éviter la redirection automatique de page (écran)
Adaptability : L'application numérique (software) pour les utilisateurs avec TSA doit réagir selon le contexte, et selon les besoins et préférences des utilisateurs. Donc il doit...	ADAP_01	posséder une configuration de base préétablie
	ADAP_02	permettre une personnalisation rapide, facile et sans efforts (fluide et flexible pour être rempli en plusieurs étapes)
	ADAP_03	permettre de personnaliser l'application en fonction du niveau de développement (langage: verbal et non verbal; et cognitif) de l'utilisateur
	ADAP_04	permettre de personnaliser l'application aux intérêts (motivations) particuliers de l'utilisateur
	ADAP_05	permettre de personnaliser l'application aux particularités sensorielles de l'utilisateur
	ADAP_06	permettre de personnaliser l'apparence externe du matériel comportant l'outil numérique (coque de protection, auto adhésif, etc.)
	ADAP_07	permettre de faciliter la sélection des éléments d'interaction (icône, menu déroulant, variété de choix dans l'interface, champ de données, etc.) à partir d'une sensibilité tactile adaptée à leurs particularités motrices
	ADAP_08	permettre de personnaliser l'organisation des éléments d'interaction (bouton, menu, icône, fenêtres, champs utilisateurs, etc.) en fonction de la latéralisation de l'utilisateur (gauchers et droitiers)
	ADAP_09	permettre de personnaliser les caractéristiques de l'interface (couleurs, police d'écriture, taille de police, arrière-plan, taille d'écran) à partir des propositions pré-établis de paramétrage

	ADAP_10	permettre de personnaliser les médias (insérer des images, photos, vidéos, , textes, audio (voix ou une synthèse vocale naturelle), etc.) à partir de supports existants ou via la capture et l'enregistrement des nouveaux contenus
	ADAP_11	permettre de personnaliser la visualisation des médias (modifier la taille des images, le contraste des images, l'intensité de l'audio, la vitesse de l'audio et vidéo, la police du texte, etc.)
	ADAP_12	avoir une interface (auto-) adaptative basée sur l'historique d'usage, sur les préférences et les besoins de l'utilisateur
	ADAP_13	permettre d'évaluer la performance de l'utilisateur (enregistrer historique d'usage) et de générer un rapport.
	ADAP_14	présenter des consignes multimédia et multimodale avec la présentation de différents médias simultanée (texte, audio (voix ou une synthèse vocale naturelle), vidéo, image, etc.), visibles, claires et immédiates
	ADAP_15	permettre d'énoncer les lettres lors de la frappe au clavier
Guidance : L'application numérique (software) doit assister les utilisateurs avec TSA dans leur utilisation à partir de messages, alarmes, icônes, mise en page, etc.. Donc il doit...	GUID_01	permettre de reconnaître où il se situe dans l'application
	GUID_02	posséder un tutoriel simple, clair, focalisé sur les tâches d'utilisateur principal (personne avec TSA) et soutenu par média (audio, image, animation, etc.), ainsi qu'un tutoriel pour guider l'utilisateur secondaire (caregiver) sur l'utilisation et paramétrage de l'application
	GUID_03	présenter une structure de navigation, avec la représentation globale des options : sortir, retourner, accueil et aide
	GUID_04	présenter la localisation de navigation (suivant, précédent) dans la partie inférieure et supérieure de chaque page (écran)
	GUID_05	rendre l'accueil de l'application facile à identifier
	GUID_06	posséder des listes, titres, en- tête, marqueurs, etc. pour organiser les informations
	GUID_07	présenter l'indication de progrès dans l'exécution d'une tâche (avec des stratégies de renforcement positive)
	GUID_08	posséder un changement d'écran progressif
	GUID_09	présenter un retour (feedback) immédiat aux actions de l'utilisateur (le temps de réponse doit être le plus réduit possible)

	GUID_10	présenter une orientation aux utilisateurs (vibration de l'outil numérique ou via média : audio, image, animation, etc.) dans le cas d'une période d'absence d'activité sur l'application
	GUID_11	posséder des images nettes
	GUID_12	posséder un mode d'utilisation avec aide (à partir d'un bouton d'appel à l'aide SOS) ou sans aide
	GUID_13	présenter des informations complémentaire à la tâche (objectifs, durée prévue, nombre d'étapes, ...)
	GUID_14	présenter le thème et les objectifs de l'application

Annexe 9 : Pochette Recherche

- Présentation de l'étude
- Démarche à suivre concernant les séances de travail
- Pour le groupe expérimental, une aide visuelle pour l'utilisation de la tablette AMIKEO
- Concernant les objectifs de travail :
 - une feuille d'introduction
 - le plan d'action de l'objectif à travailler
 - une fiche d'évaluation de la séance de travail (données qualitatives)
 - et une grille de cotation (données quantitatives)
- Le calendrier de mes présences et disponibilités
- Les définitions des différents types de guidance
- Et un document « et si ... que faire ? ».

Présentation de l'étude

Nous vous remercions pour votre participation à cette recherche qui implique de respecter rigoureusement ce protocole, de remplir les différents documents demandés, ainsi que de faire des points réguliers avec le chercheur principal de cette étude. La responsabilité de tous est indispensable afin de pouvoir mener à bien cette recherche.

Personnes à contacter si besoin

Maëla TREMAUD

Service client Auticiel

06.86.01.31.25

09.72.39.44.44

maela.tremaud@adapei64.fr

contact@auticiel.com

maela.tremaud@etu.univ-amu.fr

TITRE DE L'ETUDE

Améliorer les compétences de communication, d'autonomie et de socialisation avec un support numérique auprès d'enfants avec TSA

DIRECTEURS DU PROJET

Carole Tardif, Professeur en Psychologie à l'Université d'Aix-Marseille, Centre PSYCLE.

PARTENAIRES DU PROJET

Professionnels de ... de l'Adapei des Pyrénées-Atlantiques :

Nom Prénom du professionnel

Référents numériques identifiés :

Nom prénom du professionnel

RESUME

Aujourd'hui, les outils numériques sont très présents dans notre quotidien. Ils prennent aussi de plus en plus d'ampleur dans l'accompagnement des personnes avec TSA. En effet, l'utilisation des technologies pour l'accompagnement des TSA reste perçue comme un secteur en émergence dans les recommandations de bonnes pratiques cliniques (National Autism Center, 2009).

Cependant, il est encore difficile d'évaluer précisément l'efficacité de ces accompagnements. Peu d'études ont eu l'occasion de s'intéresser au maintien des effets de l'utilisation de ces nouvelles technologies et aux répercussions dans la vie quotidienne. Il existe trop peu d'études longitudinales, ce qui ne permet pas d'affirmer l'efficacité de ces rééducations sur le long terme. Il est important de continuer les investigations dans ce domaine, surtout au niveau de l'évaluation de l'utilisation.

C'est pourquoi, nous cherchons dans le cadre de cette recherche, à tester l'effet de l'utilisation d'une tablette tactile en comparaison à un support traditionnel, sur l'évolution des compétences des enfants avec un TSA.

Cette étude d'un an est écologique, car elle a lieu au sein d'établissements et services médico-sociaux ainsi qu'auprès des professionnels de ces structures qui accompagnent les jeunes qui participent à notre recherche.

OBJECTIF

L'objectif de notre recherche est donc de tester l'effet médiateur de l'utilisation de la tablette sur l'amélioration des compétences des enfants avec TSA.

CALENDRIER

La phase de test a eu lieu au sein de ... du **02/07/2018 au 13/07/2018**.

La semaine du **16/07/2018 au 20/07/2018** était consacrée aux retours et commentaires des professionnels concernant la mise en place de cette phase test pour l'étude 1. Ces commentaires ont permis d'ajuster le protocole de recherche afin d'être au plus proche du fonctionnement de l'établissement.

Cette étude longitudinale d'un an débute en **septembre 2018**, et se termine en **septembre 2019**.

Le **10/09/2018** a lieu la réunion de rentrée afin de finaliser la mise en place de la recherche.

Les professionnels de ... mettront en place la recherche durant 2 semaines, puis nous ferons différents points au cours de la **semaine du 17 au 21/09/2018**.

METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Groupe expérimental avec un support numérique (tablette AMIKEO).

Groupe contrôle avec un support traditionnel.

Nous allons suivre l'évolution des compétences de ces enfants en ce qui concerne les domaines suivants : **Communication, Autonomie, et Socialisation** à partir de séances de travail réalisées auprès des professionnels de ... qui utilisent du matériel numérique *versus* du matériel traditionnel.

Chacun de ces enfants participera à une **séance de travail par domaine et par semaine d'une durée de 15 min** environ (10 min de travail et 5 min de temps de renfo si besoin). Voir document « organisation des séances de travail ».

Au début de la séance de travail, il sera demandé aux professionnels de remplir une **grille de cotation**. A la fin de la séance, il sera demandé aux professionnels de remplir une **fiche d'évaluation de la séance de travail**.

POPULATION

... enfants avec TSA de ... participent à la recherche :

..., né le ... (groupe expérimental),

..., né le ... (groupe contrôle).

Les familles ont donné leur accord pour que leur enfant participe à la recherche en signant le formulaire de consentement.

DONNEES A RECUEILLIR

Pour le **suivi longitudinal** à partir de septembre 2018, trois types de données seront récoltés :

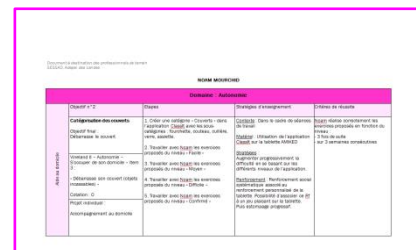
- Les données d'utilisation de la tablette pour le groupe expérimental

- Les réponses concernant les grilles de cotation pour les deux groupes
- Les réponses concernant les fiches d'évaluation des séances de travail pour les deux groupes
- Les évaluations psychologiques :
 - o Au T1 (+ 12 mois, soit environ septembre 2019) pour la Vineland II et la CARS-T

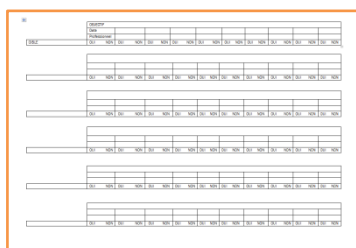
DEMARCHE A SUIVRE

Je pars en séance de travail avec le jeune

1. Je prends dans sa « **pochette recherche** » :
 - ✓ La tablette AMIKEO pour le groupe expérimental
 - ✓ Le document **Organisation des séances de travail** pour savoir quel objectif travaillé
 - ✓ La description du **plan d'action** concernant l'objectif à travailler



- ✓ La **grille de cotation**



- ✓ La feuille d'**évaluation d'une séance de travail**



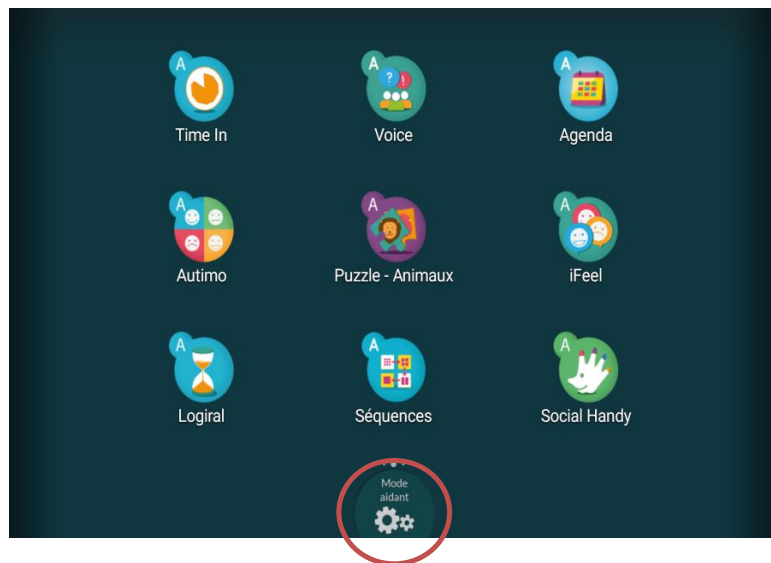
2. Je demande au jeune de réaliser un **premier essai** ...
Exemple : Objectif n°1 : Se brosser les dents
Etape 1 : Yanis réalise la séquence « Se brosser les dents » avec guidance physique totale

... et je reporte le résultat sur la **grille de cotation**

	Se brosser les dents					
	02/07/2018					
	Maëla					
« Se brosser les dents » avec guidance physique totale	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON

3. Je continue la séance de travail (sans remplir la grille de cotation)
 Environ 10min de travail au total par objectif et par semaine avec environ 5min de renforcement si besoin
4. Concernant l'**évolution** de l'objectif de travail
 - ✓ Se baser sur les critères de réussite décrits dans la description du plan d'action pour l'objectif
 Au bout de 3 « OUI » consécutifs au premier essai, sur 3 semaines : on considère que l'étape de l'objectif est atteinte...
 ... Dans ce cas, passer à l'étape suivante.
 - ✓ L'ensemble des étapes d'un objectif ont été atteintes...
 ... Dans ce cas, passer au travail d'un autre objectif.
 - ✓ Mon objectif n'avance pas...
 ... Dans ce cas, voir avec le psychologue du service et/ou Maëla pour adapter le plan d'action
5. Je remplis la **feuille d'évaluation** de la séance de travail
6. Je range les documents dans la « **pochette recherche** » du jeune
7. Pour le groupe expérimental, je range la tablette AMIKEO dans la « **pochette recherche** »

Aller au « Mode aidant »



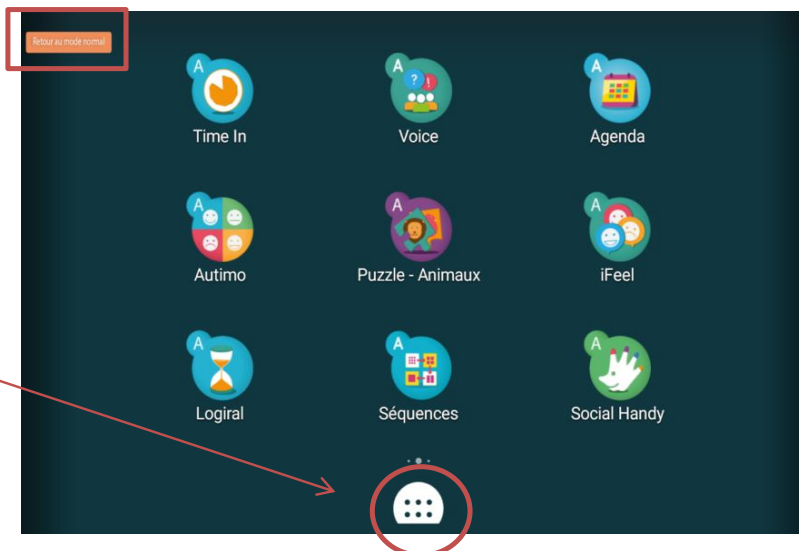
Entrer le mot de passe : 1 2 3 4



Cliquer sur ce bouton pour se rendre sur le mode aidant

Vous êtes sur le « Mode Aidant »

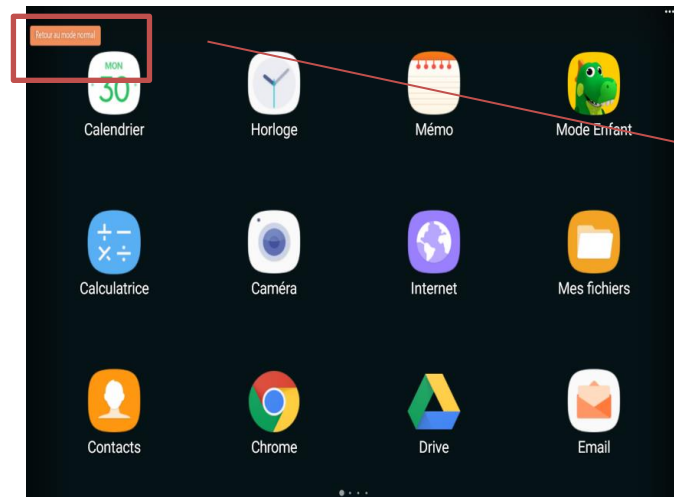
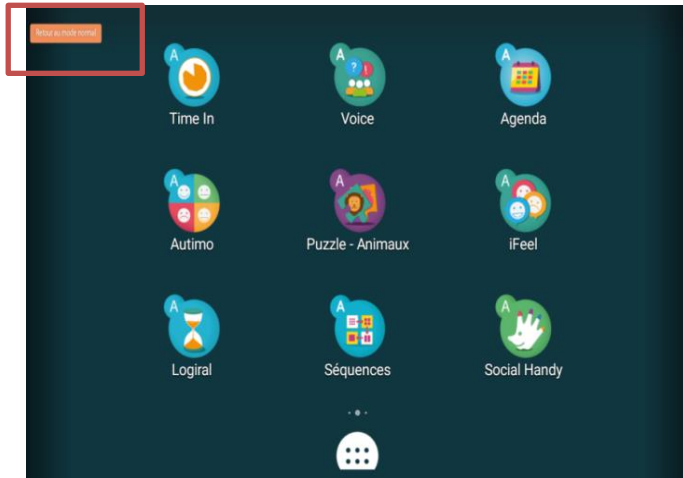
Indices visuels indiquant que vous êtes sur le mode aidant



Dans ce mode, vous pouvez :

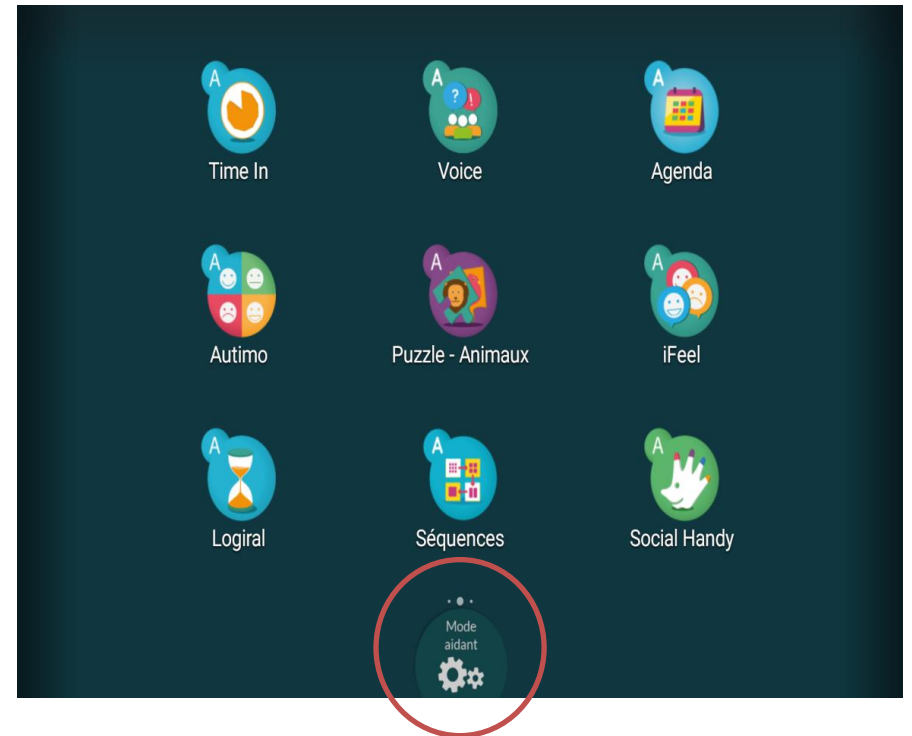
- ✓ Personnaliser la tablette de la personne
- ✓ Eviter que les statistiques d'usage soient enregistrées

Aller au « Mode normal » = mode de l'enfant



Cliquer sur « Retour au monde normal » pour se rendre sur le mode aidant

Vous êtes sur le « Mode normal »



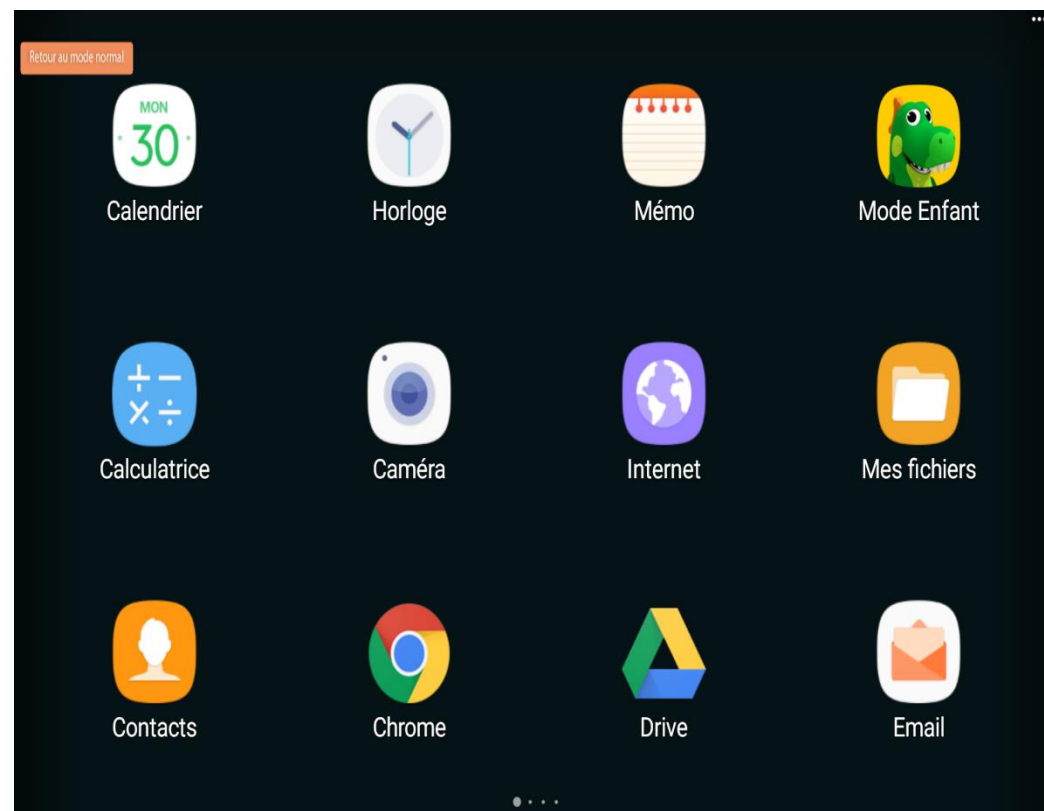
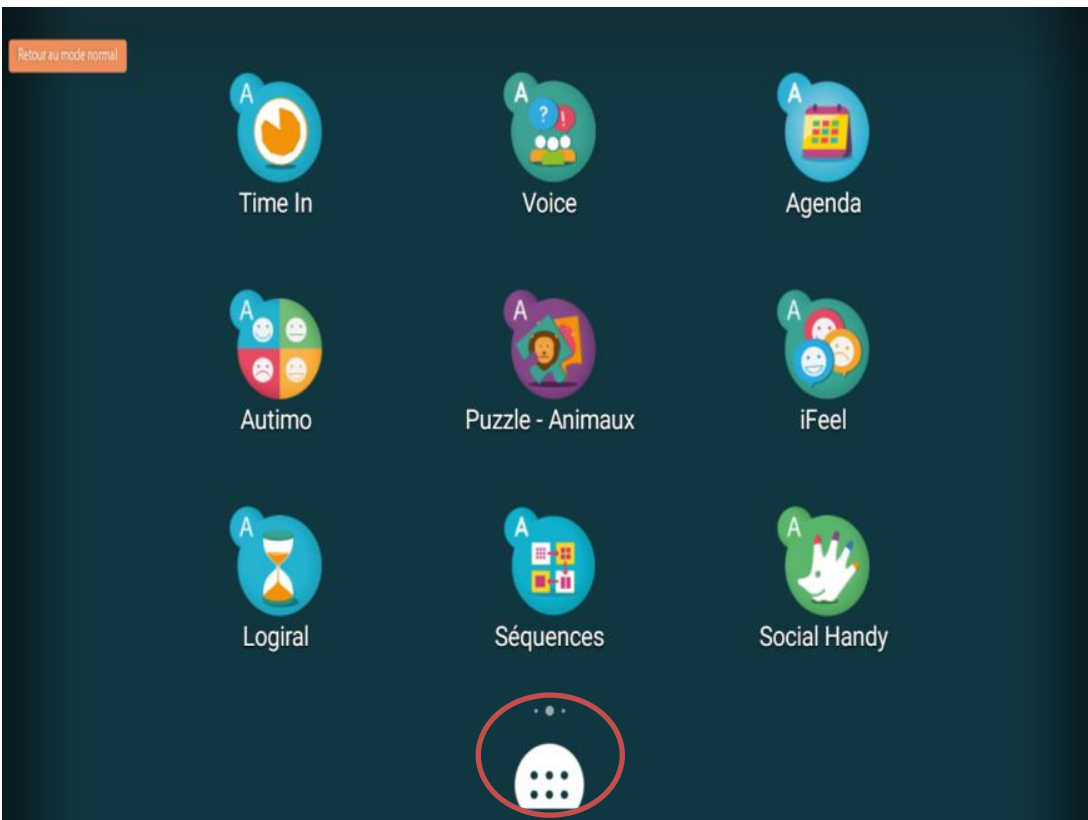
Indices visuels indiquant que vous êtes sur le mode normal

Dans ce mode :

- ✓ Les statistiques d'usage sont enregistrées
- ✓ L'utilisateur a uniquement accès à ce qui a été déterminé par l'aidant

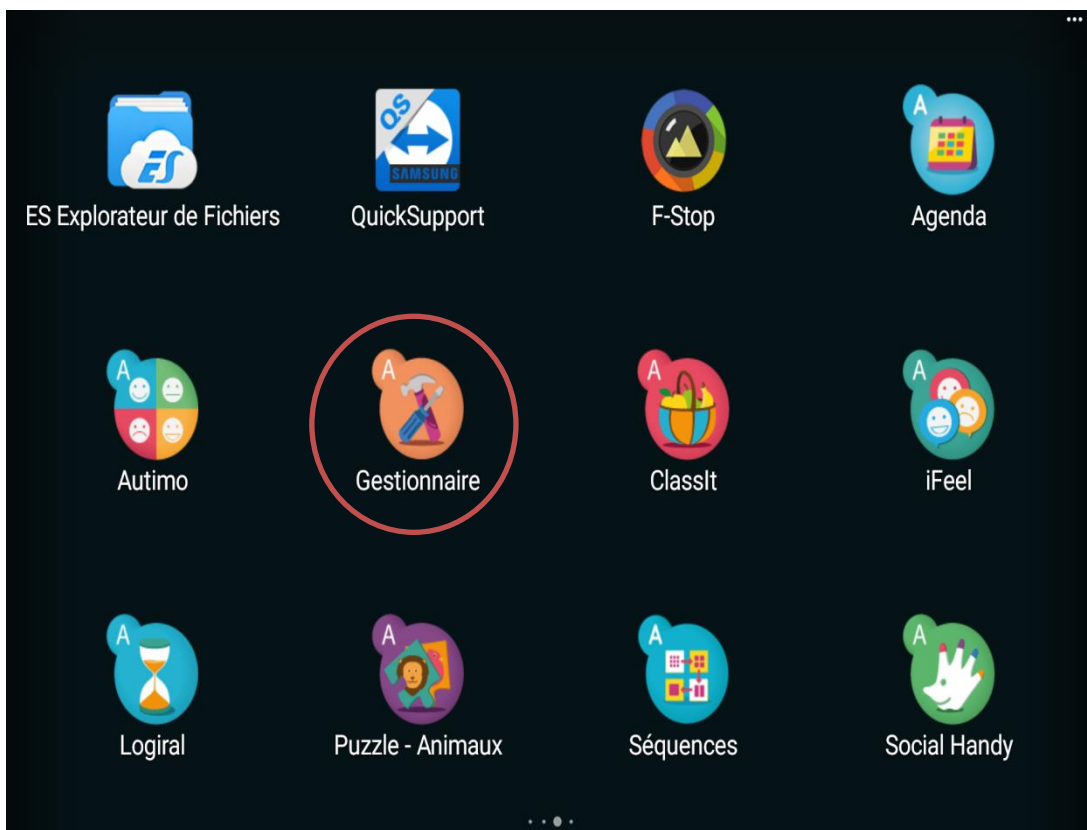
Accéder à l'écran « Applications »

L'écran « Applications »



Cliquer sur ce bouton pour
se rendre sur les
applications

Accéder à l'application « Gestionnaire »



Synchroniser les données



Groupe de recherche : **Expérimental**.

Précautions concernant l'usage de la tablette AMIKEO :

Prendre en compte l'ensemble des **éléments vus en formation**

Attention de bien **choisir le mode « Normal »** (et non le mode « Gestion » ou « Aidant ») lorsque le jeune utilise sa tablette afin que nous puissions remonter correctement les données d'usage. Le mode « Gestion » ou « Aidant » est réservé à votre usage pour les préparations.

Utiliser **seulement** les applications désignées pour la recherche

La tablette est identifiée à un enfant = **Pas d'échange de tablette**

Penser à **synchroniser** les données 1 fois par semaine : « Gestionnaire » puis « Synchronisation »

Précisions concernant la mise en place de la recherche :

1 séance de travail de 15 min environ par semaine et par objectif seront travaillées pendant 2 semaines (du 10/09/2018 au 21/09/2018), voir document « organisation des séances de travail ». La semaine du 17/09 au 21/09/2018 sera consacrée à des temps d'échanges et d'observations concernant la mise en place de la recherche et pourra donner lieu à des modifications et adaptations pour la suite. Ces séances pourront être effectuées au moment où vous le souhaitez au cours de la semaine.

Au début de chaque séance de travail, remplir la grille de cotation.

A la fin de chaque séance de travail, remplir le document « Fiche séance de travail »

Domaines	N°	Objectifs	Dates des séances			
Numérique	1	Introduction de l'outil numérique				
Socialisation	2	Adopter le bon comportement en groupe				
Communication	3	Enrichir son vocabulaire				
Autonomie	4	Se brosser les dents				

EXEMPLES DE PLAN D'ACTION

Domaine : Communication				
	Objectif n° 3	Etapas	Stratégies d'enseignement	Critères de réussite
Communication expressive	Enrichir son vocabulaire	1. P. se familiarise avec la dénomination des éléments d'une catégorie suite à la synthèse vocale	<u>Contexte</u> : Objectif travaillé dans le cadre de séances de travail	P. répète l'élément qui compose la catégorie : - 3 fois de suite - sur 3 semaines consécutives.
	Vineland II – Communication - Parler - Item 20 : « Dis au moins 50 mots reconnaissables » Cotation : 1	2. Travailler 3 éléments d'une catégorie (ex : catégorie « jeux et loisirs », éléments : « ballon », « puzzle », « corde à sauter »).	<u>Matériel</u> : Utilisation de l'application Voice sur la tablette AMIKEO	
	Projet individuel : Domain d'intervention : Vie affective Objectif : Lui demander de s'exprimer par des mots plutôt que par des cris	2.a. P. répète l'élément de la catégorie avec guidance(s) totale(s) 2.b. P. répète l'élément de la catégorie avec guidance(s) partielle(s) 2.c. P. répète l'élément de la catégorie sans guidance	<u>Stratégies</u> : Travailler le stock lexical à partir des catégories proposées dans Voice (actions, animaux, vêtements, ...) ou bien créer une autre catégorie, éventuellement en lien avec les intérêts de P. Demander à P. de sélectionner les éléments qui composent la catégorie afin d'entendre la synthèse vocale de l'élément. Possibilité d'utiliser une guidance physique pour le pointé.	
		3. Travailler 6 éléments d'une catégorie 4. Travailler 9 éléments d'une catégorie 5. Changer de catégorie	Demander à P. de répéter suite à la synthèse vocale. Insister sur l'articulation et la prononciation. Si besoin, guidance verbale pour répéter le nom de l'élément. Puis estompage des guidances. <u>Renforcement</u> : Renforcement social systématique. Puis estompage progressif.	

FICHE SÉANCE DE TRAVAIL

NOM :

PRENOM :

Date :

Professionnel :

Objectif de la séance :

Cette fiche est à renseigner suite à chaque séance de travail inclut dans le dispositif de recherche

Observations

Entourez le comportement observé pendant la séance. 1 : fort ; 2 : moyen ; 3 : faible ; 4 : très faible ; 5 : absent

<i>Consignes</i>		←	1	2	3	4	5	→
	Compréhension élevée							Absence de compréhension
<i>Guidance</i>	Physique forte		1	2	3	4	5	Absente
	Verbale forte		1	2	3	4	5	Absente
	Visuelle forte		1	2	3	4	5	Absente
<i>Guidance de la tablette</i>	Sonore forte		1	2	3	4	5	Absente
	Visuelle forte		1	2	3	4	5	Absente
<i>Comportement de l'enfant</i>	Attitude active		1	2	3	4	5	Attitude passive
	Attention soutenue		1	2	3	4	5	Signes de lassitude
	Demande d'aide		1	2	3	4	5	Autonome
	Vocallisation forte		1	2	3	4	5	Vocallisation absente
	Verballisation forte		1	2	3	4	5	Verballisation absente
	Motivation forte		1	2	3	4	5	Motivation absente
	Agitation, anxiété		1	2	3	4	5	Calme
	Engagement dans la tâche		1	2	3	4	5	Évitement de la tâche
	Stéréotypies fortes		1	2	3	4	5	Stéréotypies absentes

Commentaires :

.....

.....

	OBJECTIF															
	Date															
	Professionnel															
CIBLE	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON

	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON

	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON

	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON

	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON

	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON

Les guidances

Types de guidance		Définition	Exemple :
Par l' accompagnant	Guidance verbale	Décrire verbalement ce que l'on attend (un mot, une consigne)	« Mets la pièce à sa place » « Mettre au bon endroit »
	Guidance visuelle	Peut correspondre à l'utilisation de pictogrammes, d'images, de mots écrits, des dessins, pour guider une suite d'étapes ou d'actions	Montrer un <u>picto</u> « chercher », « mettre », « poser » Découpage visuel des différentes étapes d'une séquence
	Guidance gestuelle	Action motrice (mouvement ou geste) d'une autre personne qui aide, qui indique ce qu'il faut faire	Pointer la pièce attendue ; pointer l'emplacement correct
	Guidance physique	Aider physiquement la personne à s'engager dans le comportement, on guide la partie du corps appropriée.	Mettre notre main sur la main de la personne pour l'aider à saisir la pièce et la positionner au bon endroit
Par la tablette AMIKEO	Guidance sonore	Aide sonore apportée par la synthèse vocale	Application <u>ClassIt</u> , niveau « Débuter », Catégorie « Forme » : Consigne exprimée par la synthèse vocale « Trouve le carré »
	Guidance visuelle	Indices visuelles dans la réalisation des exercices	Application <u>ClassIt</u> , niveau « Débuter », Catégorie « Forme » : Présence d'un « carré » en bas à gauche

Et si ... Que faire ?

Problème rencontré	Solution(s)	Personne(s) à contacter
Oubli d'une séance de travail	Répondre à cette situation comme vous le feriez habituellement : Séance doublée la fois d'après? Pas de "rattrapage", l'emploi du temps du jeune reste le même?	<p>Dans tous les cas, prévenir et acter du problème rencontré en envoyant un mail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - à Maëla 06.86.01.31.25 maela.tremaud@adapei64.fr maela.tremaud@etu.univ-amu.fr - et à la psychologue du service <p>Selon la nature du problème rencontré, contacter le service client d'Auticiel : 09.72.39.44.44 contact@auticiel.com</p>
L'enfant est absent (malade, problème taxi, ...)	Répondre à cette situation comme vous le feriez habituellement : Séance doublée la fois d'après? Pas de "rattrapage", l'emploi du temps du jeune reste le même? Attention, si le problème persiste et qu'il y a une perte importante de données pour la recherche, contacter Maëla.	
Le professionnel est absent	Voir si un autre professionnel peut réaliser la séance de travail avec le jeune Sinon, répondre à cette situation comme vous le feriez habituellement : Séance doublée la fois d'après? Pas de "rattrapage", l'emploi du temps du jeune reste le même? Attention, si le problème persiste et qu'il y a une perte importante de données pour la recherche, contacter Maëla.	
C'est la période des vacances	La recherche n'a pas lieu pendant la période des vacances. A la rentrée, reprendre le travail là où vous en étiez avant les vacances.	
La tablette est cassée	Contactez le service client Auticiel. Ne pas utiliser la tablette d'un autre jeune. Ne pas réaliser les séances de travail le temps que le service client résolve le problème. Si le problème persiste, voir avec eux pour obtenir une tablette de remplacement.	
La tablette (ou une application en particulier) a une panne	Contactez le service client Auticiel. Ne pas utiliser la tablette d'un autre jeune. Ne pas réaliser les séances de travail le temps que le service client résolve le problème. Si le problème persiste, voir avec eux pour obtenir une tablette de remplacement.	
La tablette a bugué au cours de la séance de travail	Si possible, reprendre la séance depuis le début. Contacter le service client Auticiel	

Annexe 10 : Guide d'entretien structuré à destination des professionnels

ENTRETIEN DES PROFESSIONNELS
RETOURS SUR L'UTILISATION DE L'OUTIL NUMÉRIQUE
NOM PRENOM ENFANT

1. IDENTIFICATION DE L'UTILISATEUR

Etablissement

Nom : _____

Type de structure :

Référent recherche

Nom : Prénom :

Profession :

Enfant(s) accompagné(s)

Nom : _____ Prénom : _____

2. CONTEXTE GENERAL

Avant l'utilisation de ces applications, aviez-vous une perception plutôt positive *versus* plutôt négative quant à l'utilisation d'outil numérique auprès d'un public avec TSA?

.....
.....

Que pensez-vous de l'utilisation des outils numériques par rapport aux autres outils que vous utilisez déjà?

.....
.....

Que pensiez-vous de l'utilisation d'un outil numérique pour P.?

.....
.....

Qu'avez-vous pensé de la formation à l'utilisation de l'outil numérique AMIKEO?

.....
.....

Comment imaginiez-vous intégrer l'utilisation de cet outil numérique au projet d'accompagnement de P. avant la mise en place du programme?

.....
.....

3. UTILISATION DES APPLICATIONS (exemple pour deux applications : ClassIt et Voice)

ClassIt

Avant la séance

Augmenter son stock lexical			
	OUI	NON	Précisez
Utilisez-vous des outils de catégorisation avant d'utiliser ClassIt?			
La catégorisation/le vocabulaire sont-ils travaillés avec P. en utilisant l'application ClassIt?			
La construction des items dans ClassIt a-t-elle été réalisée avec P.?			

Augmenter son stock lexical					
CONSTRUCTION DES EXERCICES	1	2	3	4	5
Avez-vous personnalisé l'application?					
	OUI	NON	Précisez		

Avez-vous créé une catégorie composée de sous-catégories? Si oui, lesquelles?						
Ces sous-catégories étaient-elles aussi composées de sous-éléments? Si oui, lesquels?						
Avez-vous eu besoin de média pour construire les exercices ?						
Pictos? Si oui, combien?						
Photos? Si oui, combien?						
Images? Si oui, combien?						
Ces médias ont-ils été créés directement via la tablette (appareil photo)?						
ou ont-ils été cherchés sur un navigateur?						
Avez-vous utilisé une voix humaine pour enregistrer les consignes? Laquelle?						
Avez-vous inscrit du texte en dessous de chaque média?						
Avez-vous introduit un renforçateur à la fin des exercices?						
UTILISATION DE L'APPLICATION PAR LE PROFESSIONNEL		1	2	3	4	5

Vous êtes vous senti à l'aise dans la manipulation de l'outil numérique?	
La recherche de média a-t-elle été difficile? Si oui,	
Par manque de temps?	
Du fait de difficulté à trouver le média adapté?	
Autre?	
La construction de ce scénario vous a-t-elle prise beaucoup de temps en termes de préparation?	

Pendant la séance

Augmenter son stock lexical			
	OUI	NON	Précisez
Au début du travail de l'objectif, les exercices sur ClassIt étaient-ils réalisés avec l'aidant en utilisant l'application ClassIt ?			
Si oui, utilisez-vous une guidance?			
Physique			

Verbale			
Visuelle			
Au cours du travail de l'objectif, les exercices sur ClassIt sont-ils réalisés en autonomie partielle (avec présence de l'adulte)?			
A la fin du travail de l'objectif, les exercices étaient ils réalisés par P. en autonomie (avec l'application ClassIt mais sans adulte)?			
A la fin du travail de l'objectif, les exercices étaient ils réalisés par P. en autonomie (sans l'application ClassIt)?			

Après la séance

	Augmenter son stock lexical				
RESSENTI CONCERNANT L'APPLICATION	1	2	3	4	5
L'application répond-elle à ses objectifs de création?					
L'application est-elle efficiente (performante)?					
L'application est-elle fonctionnelle?					

L'application favorise-t-elle l'attention, la concentration de P.?	
La personnalisation de l'application est-elle adaptée aux besoins de P.?	
L'application est-elle adaptée au fonctionnement du public avec TSA?	
RESSENTI CONCERNANT LA PROGRESSION DE L'ENFANT	1 2 3 4 5
Selon vous, est-ce que P. a eu un intérêt à travailler avec cet outil numérique?	
Selon vous, est-ce que cet intérêt a perduré dans le temps?	
Selon vous, est-ce que ce scénario a permis à P. de progresser?	
Utiliserez-vous à nouveau cette application pour ce jeune? Pourquoi?	

Que vous a-t-il manqué dans l'application/qu'il serait intéressant à développer ?
 Observations et remarques :

Voice

Avant la séance

	OUI	NON	Précisez
Utilisez-vous des classeur de communication avant d'utiliser Voice?			
Des pictos sont-ils travaillés avec P. en utilisant l'application Voice?			
La personnalisation de l'application dans Voice a-t-elle été réalisée avec P.?			

Augmenter son stock lexical					
CONSTRUCTION DES ITEMS	1	2	3	4	5
Avez-vous personnalisé l'application?					
	OUI	NON	Précisez		
Avez-vous eu besoin de média pour la personnalisation?					
Pictos? Si oui, combien?					

Photos? Si oui, combien?			
Images? Si oui, combien?			
Ces média ont-ils été créés directement via la tablette (appareil photo)?			
ou ont-ils été cherchés sur un navigateur?			
Avez-vous utilisé la synthèse vocale pour les mots?			
ou bien avez-vous enregistré une voix humaine? Laquelle?			
Avez-vous inscrit du texte en dessous de chaque mot?			
Utilisez-vous la base de donnée déjà présente dans l'application Voice?			
Avez-vous modifié cette base de donnée?			
Fait apparaître/disparaître des catégories?			
Fait apparaître/disparaître des items?			
Supprimer des items?			

Modifier l'image?					
Modifier la synthèse vocale?					
Modifier le texte?					
UTILISATION DE L'APPLICATION PAR LE PROFESSIONNEL	1	2	3	4	5
Vous êtes vous senti à l'aise dans la manipulation de l'outil numérique?					
La recherche de média a-t-elle été difficile? Si oui,					
Par manque de temps? (OUI/NON)					
Du fait de difficulté à trouver le média adapté? (OUI/NON)					
Autre? (OUI/NON)					
La personnalisation vous a-t-elle prise beaucoup de temps en termes de préparation?					

Pendant la séance

Augmenter son stock lexical

	OUI	NON	Précisez
Au début du travail de l'objectif, l'utilisation de Voice est-elle faite avec l'aidant?			
Si oui, utilisez-vous une guidance?			
Physique			
Verbale			
Visuelle			
Au cours du travail de l'objectif, l'utilisation de Voice est-elle faite en autonomie partielle (avec présence de l'adulte)?			
Au cours du travail de l'objectif, l'utilisation de Voice est-elle faite en autonomie complète (sans présence de l'adulte)?			

Après la séance

	Augmenter son stock lexical				
RESSENTI CONCERNANT L'APPLICATION	1	2	3	4	5
L'application répond-elle à ses objectifs de création?					

L'application est-elle efficace (performante)?	
L'application est-elle fonctionnelle?	
L'application favorise-t-elle l'attention, la concentration de P.?	
La personnalisation de l'application est-elle adaptée aux besoins de P.?	
L'application est-elle adaptée au fonctionnement du public avec TSA?	
RESSENTI CONCERNANT LA PROGRESSION DE L'ENFANT	1 2 3 4 5
Selon vous, est-ce que P. a eu un intérêt à travailler avec cet outil numérique?	
Selon vous, est-ce que cet intérêt a perduré dans le temps?	
Selon vous, est-ce que ces quizz ont permis à P. de progresser?	
Utiliserez-vous à nouveau cette application pour ce jeune? Pourquoi?	

Que vous a-t-il manqué dans l'application/qu'il serait intéressant à développer ?

Observations et remarque

Annexe 11 : Caractéristiques population Etude 1 (à T0)

Participants	Age réel (année ; mois)	VINELAND-II (âge en mois)									Score CARS-T	
		Comm réceptive	Comm expressive	Comm écrite	Autonomie personnelle	Autonomie domestique	Autonomie communautaire	Relations intpersonelles	Jeu et temps libre	Adaptation		
Groupe expérimental	A	12 ; 8	39	88	91	97	65	97	41	45	55	31
	E	4 ; 4	13	12	53	21	12	12	12	12	13	43
	L	10 ; 6	41	53	69	61	35	51	35	35	45	34,5
	M	6 ; 11	25	13	55	12	16	37	16	23	33	33
	N	15 ; 2	13	12	37	31	13	12	12	12	13	48,5
	O	4 ; 6	12	12	51	20	12	27	12	12	14	40
	S	7 ; 5	18	27	53	43	14	41	21	15	21	39
	P	11 ; 0	27	27	55	51	45	33	39	41	27	32,5
	Q	8 ; 11	63	57	76	12	91	63	43	76	14	30
	R	13 ; 4	51	27	85	88	91	73	16	27	13	40
Y	12 ; 10	55	35	85	114	110	100	33	51	45	30	
Groupe contrôle	C	11 ; 0	12	12	37	20	12	14	12	12	12	42
	B	5 ; 3	12	14	39	33	12	21	12	15	13	42,5
	D	10 ; 6	20	20	19	49	85	45	12	15	13	33,5
	F	3 ; 10	12	12	37	13	12	12	12	12	19	46
	G	12 ; 0	63	67	133	63	110	91	31	43	43	37
	H	9 ; 6	47	53	85	37	35	57	25	43	45	30,5
	I	8 ; 11	13	13	37	33	29	12	12	16	27	39
	J	12 ; 4	23	14	41	67	39	27	14	23	25	35
	K	8 ; 10	35	55	67	41	61	63	13	15	35	40,5
	T	13 ; 10	16	12	37	43	31	15	12	17	13	45
	U	4 ; 10	29	31	43	33	51	37	25	20	29	33

Annexe 12 : Données brutes (moyennes et écarts-types) des items à la CARS-T et VINELAND-II du groupe contrôle et expérimental à T0 et à T1 (Etude 1)

Scores aux items de la CARS -T	Groupe Contrôle				Groupe Expérimental			
	T0		T1		T0		T1	
	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD
Relations sociales	2.78	0.67	2.67	0.58	2.00	0.00	2.25	0.50
Imitation	2.70	0.67	2.60	0.55	2.25	1.04	1.80	0.45
Réponses émotionnelles	2.75	0.71	2.88	0.35	2.67	0.52	3.17	0.75
Utilisation du corps	2.71	0.49	2.57	0.53	2.17	0.75	2.60	0.55
Utilisation des objets	2.50	0.53	2.50	0.55	2.38	0.92	2.43	0.79
Adaptation aux changements	2.14	1.07	2.40	0.89	3.00	0.71	3.00	0.00
Réponses visuelles	2.60	0.55	2.71	0.76	2.33	0.82	2.30	0.95
Réponses auditives	2.33	0.71	2.57	0.53	2.00	0.89	2.43	0.53
Goût, odorat, toucher	1.88	0.64	2.75	0.71	2.60	0.97	2.38	0.74
Anxiété	1.67	0.52	2.67	1.03	2.20	0.63	2.50	0.53
Communication verbale	3.13	0.83	3.00	1.07	3.22	0.67	2.75	0.71
Communication non verbale	2.14	0.38	2.22	0.67	2.25	0.71	2.29	0.76
Fonctionnement intellectuel	2.71	0.76	2.40	0.55	2.44	0.53	2.57	0.53
Impression générale	2.38	0.74	2.43	0.53	2.33	0.52	2.75	0.71
Score total	3.33	0.52	3.00	0.71	3.13	0.83	2.86	1.07
Score total	39.57	4.96	42.67	5.01	35.75	5.28	37.33	6.25
Scores aux items de la VINELAND-II								
Communication réceptive	25.64	16.73	24.27	11.77	32.45	18.36	38.36	21.27
Communication expressive	27.55	20.81	30.27	24.27	33.00	24.16	39.91	27.48
Communication écrite	52.27	31.99	57.55	32.30	64.55	17.55	70.64	32.99

Communication	35.15	22.55	37.36	21.69	43.33	18.10	49.64	25.90
Autonomie personnelle	39.27	16.21	47.09	18.04	50.00	35.93	58.27	27.19
Autonomie domestique	43.36	31.53	52.27	39.43	45.82	37.35	68.55	45.22
Autonomie communautaire	35.73	25.89	38.64	30.69	49.64	30.60	58.82	36.87
Autonomie Relations interpersonnelles	39.45	22.33	46.00	26.74	48.48	31.82	61.88	35.01
Jeu et temps libre	16.36	7.03	21.18	12.73	25.45	12.74	39.55	39.13
Adaptation	21.00	11.33	24.82	12.66	31.73	20.37	36.73	22.35
Socialisation	24.91	12.17	28.45	19.44	26.64	15.58	32.91	19.17
Score général	20.76	9.56	24.82	14.33	27.94	13.89	36.39	24.61
	31.79	16.85	36.06	18.03	39.92	19.85	49.30	27.30

Annexe 13 : Scores obtenus à la VINELAND-II en communication
des enfants du groupe expérimental et contrôle

Groupe contrôle				Groupe expérimental			
Enfant	Domaines évalués	T0	T1	Enfant	Domaines évalués	T0	T1
C	Communication réceptive	12	12	A	Communication réceptive	39	63
C	Communication expressive	12	12	A	Communication expressive	88	94
C	Communication écrite	37	37	A	Communication écrite	91	138
C	Communication	20.3	20.3	A	Communication	72.7	98.3
B	Communication réceptive	12	18	E	Communication réceptive	13	16
B	Communication expressive	14	12	E	Communication expressive	12	17
B	Communication écrite	39	39	E	Communication écrite	53	39
B	Communication	21.7	23.0	E	Communication	26	24
D	Communication réceptive	20	31	L	Communication réceptive	41	71
D	Communication expressive	20	31	L	Communication expressive	53	73
D	Communication écrite	19	41	L	Communication écrite	69	85
D	Communication	19.7	34.3	L	Communication	54.3	76.3
F	Communication réceptive	12	12	M	Communication réceptive	25	31
F	Communication expressive	12	14	M	Communication expressive	13	33
F	Communication écrite	37	37	M	Communication écrite	55	76
F	Communication	20.3	21.0	M	Communication	31.0	46.7
G	Communication réceptive	63	51	N	Communication réceptive	13	13
G	Communication expressive	67	85	N	Communication expressive	12	12
G	Communication écrite	133	130	N	Communication écrite	37	37
G	Communication	87.7	88.7	N	Communication	20.7	20.7

H	Communication réceptive	47	29	O	Communication réceptive	12	13
H	Communication expressive	53	43	O	Communication expressive	12	13
H	Communication écrite	85	108	O	Communication écrite	51	37
H	Communication	61.7	60.0	O	Communication	25	21
I	Communication réceptive	13	12	S	Communication réceptive	18	21
I	Communication expressive	13	12	S	Communication expressive	27	27
I	Communication écrite	37	37	S	Communication écrite	53	43
I	Communication	21.0	20.3	S	Communication	32.7	30.3
J	Communication réceptive	23	31	P	Communication réceptive	27	39
J	Communication expressive	14	12	P	Communication expressive	27	29
J	Communication écrite	41	41	P	Communication écrite	55	45
J	Communication	26	28	P	Communication	36.3	37.7
K	Communication réceptive	35	27	Q	Communication réceptive	63	59
K	Communication expressive	55	53	Q	Communication expressive	57	73
K	Communication écrite	67	63	Q	Communication écrite	76	91
K	Communication	52.3	47.7	Q	Communication	65.3	74.3
T	Communication réceptive	16	17	R	Communication réceptive	51	41
T	Communication expressive	12	12	R	Communication expressive	27	33
T	Communication écrite	37	37	R	Communication écrite	85	91
T	Communication	21.7	22.0	R	Communication	54.3	55.0
U	Communication réceptive	29	27	Y	Communication réceptive	55	55
U	Communication expressive	31	47	Y	Communication expressive	35	35
U	Communication écrite	43	63	Y	Communication écrite	85	95
U	Communication	34.3	45.7	Y	Communication	58.3	61.7

Annexe 14 : Scores obtenus à la VINELAND-II en autonomie

des enfants du groupe expérimental et contrôle

Groupe contrôle				Groupe expérimental			
Enfant	Domaines évalués	T0	T1	Enfant	Domaines évalués	T0	T1
C	Autonomie personnelle	20	22	A	Autonomie personnelle	97	79
C	Autonomie domestique	12	12	A	Autonomie domestique	65	142
C	Autonomie communautaire	14	14	A	Autonomie communautaire	97	126
C	Autonomie	15.3	16.0	A	Autonomie	86.3	115.7
B	Autonomie personnelle	33	39	E	Autonomie personnelle	21	37
B	Autonomie domestique	12	18	E	Autonomie domestique	12	39
B	Autonomie communautaire	21	12	E	Autonomie communautaire	12	18
B	Autonomie	22	23	E	Autonomie	15	31.3
D	Autonomie personnelle	49	65	L	Autonomie personnelle	61	82
D	Autonomie domestique	85	118	L	Autonomie domestique	35	106
D	Autonomie communautaire	45	63	L	Autonomie communautaire	51	79
D	Autonomie	59.7	82	L	Autonomie	49	89
F	Autonomie personnelle	13	31	M	Autonomie personnelle	12	22
F	Autonomie domestique	12	18	M	Autonomie domestique	16	22
F	Autonomie communautaire	12	14	M	Autonomie communautaire	37	51
F	Autonomie	12.3	21	M	Autonomie	21.7	31.7
G	Autonomie personnelle	63	79	N	Autonomie personnelle	31	33
G	Autonomie domestique	110	122	N	Autonomie domestique	13	22
G	Autonomie communautaire	91	97	N	Autonomie communautaire	12	12
G	Autonomie	88	99.3	N	Autonomie	18.7	22.3
H	Autonomie personnelle	37	39	O	Autonomie personnelle	20	33

H	Autonomie domestique	35	29	O	Autonomie domestique	12	22
H	Autonomie communautaire	57	55	O	Autonomie communautaire	27	27
H	Autonomie	43	41	O	Autonomie	19.7	27.3
I	Autonomie personnelle	33	33	S	Autonomie personnelle	43	49
I	Autonomie domestique	29	35	S	Autonomie domestique	14	39
I	Autonomie communautaire	12	12	S	Autonomie communautaire	41	37
I	Autonomie	24.7	26.7	S	Autonomie	32.7	41.7
J	Autonomie personnelle	67	73	P	Autonomie personnelle	51	49
J	Autonomie domestique	39	65	P	Autonomie domestique	45	45
J	Autonomie communautaire	27	12	P	Autonomie communautaire	33	41
J	Autonomie	44.3	50	P	Autonomie	43	45
K	Autonomie personnelle	41	43	Q	Autonomie personnelle	12	63
K	Autonomie domestique	61	45	Q	Autonomie domestique	91	110
K	Autonomie communautaire	63	71	Q	Autonomie communautaire	63	65
K	Autonomie	55	53	Q	Autonomie	55.3	79.3
T	Autonomie personnelle	43	45	R	Autonomie personnelle	88	88
T	Autonomie domestique	31	31	R	Autonomie domestique	91	85
T	Autonomie communautaire	14	18	R	Autonomie communautaire	73	85
T	Autonomie	29.3	31.3	R	Autonomie	84	86
U	Autonomie personnelle	33	49	Y	Autonomie personnelle	114	106
U	Autonomie domestique	51	82	Y	Autonomie domestique	110	122
U	Autonomie communautaire	37	57	Y	Autonomie communautaire	100	106
U	Autonomie	40.3	62.7	Y	Autonomie	108.0	111.3

Annexe 15 : Scores obtenus à la VINELAND-II en socialisation
des enfants du groupe expérimental et contrôle

Groupe contrôle				Groupe expérimental			
Enfant	Domaines évalués	T0	T1	Enfant	Domaines évalués	T0	T1
C	Relations interpersonnelles	12	12	A	Relations interpersonnelles	41	146
C	Jeux et temps libre	12	12	A	Jeux et temps libre	45	65
C	Adaptation	12	13	A	Adaptation	55	76
C	Socialisation	12	12.3	A	Socialisation	47	95.7
B	Relations interpersonnelles	12	13	E	Relations interpersonnelles	12	14
B	Jeux et temps libre	15	14	E	Jeux et temps libre	12	15
B	Adaptation	13	12	E	Adaptation	13	13
B	Socialisation	13.3	13	E	Socialisation	12.3	14
D	Relations interpersonnelles	12	18	L	Relations interpersonnelles	35	65
D	Jeux et temps libre	15	35	L	Jeux et temps libre	35	55
D	Adaptation	13	31	L	Adaptation	45	39
D	Socialisation	13.3	28	L	Socialisation	38.3	53
F	Relations interpersonnelles	12	12	M	Relations interpersonnelles	16	17
F	Jeux et temps libre	12	17	M	Jeux et temps libre	23	31
F	Adaptation	19	14	M	Adaptation	33	27
F	Socialisation	14.3	14.3	M	Socialisation	24	25
G	Relations interpersonnelles	31	25	N	Relations interpersonnelles	12	12
G	Jeux et temps libre	43	17	N	Jeux et temps libre	12	12
G	Adaptation	43	29	N	Adaptation	13	12
G	Socialisation	39	23.7	N	Socialisation	12.3	12
H	Relations interpersonnelles	25	31	O	Relations interpersonnelles	12	14
H	Jeux et temps libre	43	27	O	Jeux et temps libre	12	12
H	Adaptation	45	25	O	Adaptation	14	22
H	Socialisation	37.7	27.7	O	Socialisation	12.7	16

I	Relations interpersonnelles	12	15	S	Relations interpersonnelles	21	29
I	Jeux et temps libre	16	14	S	Jeux et temps libre	15	12
I	Adaptation	27	23	S	Adaptation	21	25
I	Socialisation	18.3	17.3	S	Socialisation	19	22
J	Relations interpersonnelles	14	13	P	Relations interpersonnelles	39	43
J	Jeux et temps libre	23	33	P	Jeux et temps libre	41	45
J	Adaptation	25	31	P	Adaptation	27	33
J	Socialisation	20.7	25.7	P	Socialisation	35.7	40.3
K	Relations interpersonnelles	13	29	Q	Relations interpersonnelles	43	47
K	Jeux et temps libre	15	33	Q	Jeux et temps libre	76	71
K	Adaptation	35	43	Q	Adaptation	14	29
K	Socialisation	21	35	Q	Socialisation	44.3	49
T	Relations interpersonnelles	12	12	R	Relations interpersonnelles	16	17
T	Jeux et temps libre	17	18	R	Jeux et temps libre	27	33
T	Adaptation	13	13	R	Adaptation	13	27
T	Socialisation	14	14.3	R	Socialisation	18.7	25.7
U	Relations interpersonnelles	25	53	Y	Relations interpersonnelles	33	31
U	Jeux et temps libre	20	53	Y	Jeux et temps libre	51	53
U	Adaptation	29	79	Y	Adaptation	45	59
U	Socialisation	24.7	61.7	Y	Socialisation	43	47.7

Annexe 16 : Grille détaillée d'observation des comportements

Grille d'observation des comportements construite sur la base :

- de l'échelle d'observation clinique de comportements dits "positifs"
- et de l'échelle d'observation clinique de comportements dits "inappropriés"

créées pour les besoins de l'étude sur les effets d'une exposition à des séquences vidéo ralenties auprès de 4 enfants autistes sévères (Meiss, Tardif, Arciszewski, Dauvier & Gepner, 2015)

- des travaux de Test et Cornelius-White (2013)
- de notre production

COMPORTEMENTS D'ATTENTION

Hypothèse : Les enfants produisent plus de comportements d'attention soutenue (notamment au niveau de l'attention visuelle) lors de la présentation de vidéos au ralenti comparativement à la présentation de vidéo en vitesse réelle.

Regarde l'activité = l'enfant regarde l'écran d'ordinateur. Si l'enfant regarde un objet extérieur à l'activité, il n'est pas attentif à l'activité.

Regarde l'adulte-chercheur sollicitant = l'enfant regarde l'adulte-chercheur qui le sollicite verbalement, physiquement, gestuellement et/ou visuellement

Regarde l'adulte-chercheur non sollicitant = l'enfant regarde l'adulte-chercheur qui ne le sollicite pas.

Regarde l'adulte-professionnel sollicitant = l'enfant regarde l'adulte-professionnel qui le sollicite verbalement, physiquement, gestuellement et/ou visuellement

Regarde l'adulte-professionnel non sollicitant = l'enfant regarde l'adulte-professionnel qui ne le sollicite pas.

Inattention à la tâche = l'enfant ne regarde pas l'activité, ni l'adulte, ou ferme/se cache les yeux (ex : regarde le plafond, regarde ses pieds, regarde derrière lui alors qu'il n'y a rien, regarde dans le vague, se bouche les oreilles, etc.).

Regard incodable = les yeux de l'enfant ne sont pas visibles dans le champ de la caméra

COMPORTEMENTS VERBAUX/VOCAUX/D'IMITATION (mots, bruits, sons produits par l'enfant)

Hypothèse : Les enfants produisent plus de verbalisations et de vocalisations lors de la présentation de vidéos au ralenti comparativement à la présentation de vidéo en vitesse réelle.

Parle à l'adulte-chercheur sollicitant = répond à l'adulte-chercheur qui le sollicite verbalement, physiquement, gestuellement et/ou visuellement

Parle à l'adulte-chercheur non sollicitant = répond à l'adulte-chercheur qui ne le sollicite pas

Parle à l'adulte-professionnel sollicitant = répond à l'adulte-professionnel qui le sollicite verbalement, physiquement, gestuellement et/ou visuellement

Parle à l'adulte-professionnel non sollicitant = parle à l'adulte-professionnel qui ne le sollicite pas

Parle à l'adulte-virtuel sollicitant = répond à l'adulte-virtuel qui le sollicite verbalement, physiquement, gestuellement et/ou visuellement

Parle à l'adulte-virtuel non sollicitant = parle à l'adulte-virtuel qui ne le sollicite pas

Parle (seul) de façon non-contingente

Emet un son en direction de l'adulte-chercheur sollicitant = émet un son destiné à l'adulte-chercheur qui le sollicite verbalement, physiquement, gestuellement et/ou visuellement

Emet un son en direction de l'adulte-chercheur non sollicitant = émet un son destiné à l'adulte-chercheur qui ne le sollicite pas

Emet un son en direction de l'adulte-professionnel sollicitant = émet un son destiné à l'adulte-professionnel qui le sollicite verbalement, physiquement, gestuellement et/ou visuellement

Emet un son en direction de l'adulte-professionnel non sollicitant = émet un son destiné à l'adulte-professionnel qui ne le sollicite pas

Emet un son en direction de l'adulte-virtuel sollicitant = émet un son destiné à l'adulte-virtuel qui le sollicite verbalement, physiquement, gestuellement et/ou visuellement

Emet un son en direction de l'adulte-virtuel non sollicitant = émet un son destiné à l'adulte-virtuel qui ne le sollicite pas

Emet un son (seul) de façon non-contingente

Imitation vocale = l'enfant imite ou essaie d'imiter des sons (sons, mots, phrases, etc.) entendus dans la vidéo présentée à l'écran d'ordinateur.

Echolalies = immédiates ou différées

Énoncé incodable = le son est mauvais et/ou on ne voit pas la bouche de l'enfant sur l'enregistrement

COMPORTEMENTS GESTUELS

Hypothèse : Les enfants produisent plus de gestes communicatifs lors de la présentation de vidéos au ralenti comparativement à la présentation de vidéo en vitesse réelle.

Geste communicatif = l'enfant fait un geste communicatif qui a un sens dans la relation sociale (ex : mime, adresse un contact physique à l'un des adultes présents, applaudit à la fin d'une activité, montre quelque chose à l'écran, etc.).

Geste sans but communicatif = l'enfant fait un geste sans but communicatif (ex : attrape quelque chose, joue avec un jouet, le jette, etc.).

Pointage-réponse = suite à la question posée, l'enfant tend la main et/ou pointe du doigts en direction de l'écran de l'ordinateur ou de la planche de pictogrammes.

Pointage-initiative = de lui même, l'enfant tend la main et/ou pointe du doigts un objet, un endroit ou une personne.

Imitation gestuelle = l'enfant imite ou essaie d'imiter des gestes vus dans la vidéo présentée à l'écran d'ordinateur.

Geste incodable = les gestes de l'enfant ne sont pas visibles.

COMPORTEMENTS INAPPROPRIÉS

Hypothèse : Les enfants produisent plus de comportements inappropriés lors de la présentation de vidéos au ralenti comparativement à la présentation de vidéo en vitesse réelle.

Comportements inappropriés = stéréotypies, autostimulations, agitation, etc. qui perturbent ou stoppent l'activité.

EXPRESSIONS FACIALES

Sourire

Surprise

Peur

Tristesse

Colère

Annexe 17 : Lettre d'information et de consentement libre et éclairé – Etude 2



Les explorateurs des sens :
Ateliers ludiques et de recherche

Lettre d'information et
Formulaire de consentement

Recherche en psychologie du
développement
Réalisée par Maëla TREMAUD

Contact :
M^{lle} Maëla TREMAUD
maela.tremaud@adapei64.fr
06.86.01.31.25

Lettre d'information

Le but de cette lettre d'information est de vous aider à comprendre ce qu'implique l'éventuelle participation de votre enfant à la recherche de sorte que vous puissiez prendre une décision éclairée. Prenez donc le temps de la lire attentivement et n'hésitez pas à poser toutes questions que vous jugerez utiles.

Chers parents,
Nous menons une recherche en psychologie du développement sur l'utilisation des outils numériques auprès d'enfants avec TSA.

Dans le cadre de cette recherche, nous nous intéressons à l'utilisation d'un logiciel de ralentissement, Logiral™ (<https://centrepsyche-amu.fr/logiral/>). Ce logiciel permet de ralentir les séquences filmées, par palier de 5%, de façon synchrone, sans déformation du son et de l'image.

Nous souhaitons voir s'il permet aux enfants avec TSA de mieux traiter les informations. Pour cela, nous analyserons le suivi de son regard (à l'aide de l'oculométrie).

Dans ce cadre, nous organisons des ateliers d'une demi-journée autour de la découverte des 5 sens.



En plus de ces activités amusantes, votre enfant participera à notre atelier recherche autour du ralentissement et du suivi du regard.

Nous présenterons à votre enfant des séquences du dessin-animé Vice-Versa :

- En vitesse réelle
- En vitesse ralentie
- En vitesse très ralentie

Grâce au logiciel de ralentissement Logiral™.

Pendant qu'il regarde ce dessin-animé, nous allons suivre son regard à l'aide de l'oculométrie. Nous souhaitons voir si le fait de ralentir les informations, lui permet de mieux explorer visuellement les scènes qui lui sont présentées.



Cette demi-journée sera encadrée par moi-même, chercheur en psychologie, et votre enfant sera accompagné par les professionnels de l'établissement qui l'accompagne.

Les ateliers de jeux et de recherche sur le thème des 5 sens durent environ 15 à 20 min chacun.

Une seule participation est nécessaire. N'hésitez pas à me contacter si vous souhaitez des précisions.

Formulaire de consentement

Je soussigné(e) :

Mr, Mme
responsable légal de,
né(e) le certifie donner mon accord pour que l'enfant dont je suis responsable participe à une recherche sur l'utilisation d'un logiciel de ralentissement auprès d'enfants avec TSA.

J'ai bien reçu et lu les informations incluses dans la notice d'information. J'ai pu poser toutes les questions que je souhaitais à Maëla Trémaud et reçu des réponses adaptées. J'ai disposé d'un temps de réflexion suffisant entre le moment de l'information et celui du consentement.

Je certifie donner mon accord pour le traitement informatisé des données. J'ai noté que je pourrais exercer mon droit d'accès et de rectification, sans avoir à donner de raisons et sans que mon enfant ne subisse de conséquences liées à ce retrait en m'adressant auprès de Maëla Trémaud.

J'ai également été informé(e) que les données de l'étude ainsi que les résultats pourront être utilisés pour des fins pédagogiques ou scientifiques (publications scientifiques ou communications lors de colloques), néanmoins l'identité de mon enfant n'apparaîtra dans aucun rapport ou publication. Toute information le concernant sera traitée de façon confidentielle. L'anonymat sera parfaitement respecté.

Date :

Signature du responsable légal (précédée de la mention « lu et approuvé »)

Annexe 18 : Protocoles Experiment Center

PROTOCOLE 1	RBB 100	BBT 70	MC 50	RBB 70	MC 100	BBT 50	MC 70	BBT 100	RBB 50
PROTOCOLE 2	MC 50	RBB 70	BBT 100	MC 70	RBB 100	BBT 70	RBB 50	MC 100	BBT 50
PROTOCOLE 3	BBT 50	MC 100	RBB 70	MC 50	BBT 70	RBB 100	BBT 100	RBB 50	MC 70
PROTOCOLE 4	MC 100	BBT 50	RBB 70	BBT 100	RBB 50	MC 70	RBB 100	MC 50	BBT 70
PROTOCOLE 5	RBB 70	MC 100	BBT 50	RBB 50	BBT 100	MC 70	RBB 100	BBT 70	MC 50

Annexe 19 : Caractéristiques population Etude 2

Participants Données comportemen- tales	Participants Données en oculométrie	Participants Données Compréhension	Participants	Age réel (année ; mois)	Age réel (en mois)	Age com réceptive (VINELAND II) (année ; mois)	Age com réceptive (VINELAND II) (en mois)	Age com expressive (VINELAND II) (année ; mois)	Age com expressive (VINELAND II) (en mois)	Score CARS- T	Déficiência intellectuelle
			expe2e10p1	9.2	110	2.11	35	2.1	25	30	Moyenne
			expe2e4p1	5.4	64	2.5	29	2.7	31	33	Moyenne Sans déficiência intellectuelle
			expe2e5p1	5.4	64	2.11	35	3.3	39	30	Légère Sans déficiência intellectuelle
			expe2e7p1	5.4	64	2.11	35	3.3	39	30	Légère Sans déficiência intellectuelle
			expe2e8p1	12.8	152	1.8	20	4.9	57	31	Sévère
			expe2e9p1	9.3	111	2.11	35	4.7	55	40.5	Moyenne
			expe2e1p2	9.2	110	3.11	47	4.7	55	31	Légère
			expe2e4p2	13.5	161	3.3	39	7.4	88	31	Moyenne
			expe2e8p2	13.5	161	4.7	55	2.11	35	30	Sévère
			expe2e1p3	17.3	207	4.3	51	2.3	27	36.5	Moyenne
			expe2e3p3	11.6	138	2.3	27	2.3	27	32.5	Moyenne
			expe2e7p3	4.5	53	2.11	35	1	12	30	Moyenne
			expe2e2p4	6.2	74	3.11	47	4.5	53	31	Moyenne
			expe2e3p4	9.6	114	5.3	63	4.9	57	30	Moyenne
			expe2e4p4	8	96	1.6	18	2.3	27	39	Sévère
			expe2e5p4	10	120	3.11	47	4.5	53	30.5	Moyenne
			expe2e6p4	12.6	150	5.3	63	5.7	67	37	Sévère
			expe2e7p4	9.3	111	3.5	41	2.3	27	31.5	Moyenne
			expe2e6p5	11.1	133	1.1	22	2.1	25	31	Sévère
			expe2e8p5	12	144	2.11	35	2.9	33	37	Moyenne



expe2e6p2	14.4	172	1.4	16	1	12	45	Sévère
expe2e8p3	5.1	61	1	12	1	12	40	Sévère
expe2e1p4	6.7	79	2.3	27	2.1	25	36.5	Sévère
expe2e9p4	6.6	78	1.5	17	1.5	17	37.5	Sévère
expe2e3p5	3.9	45	1	12	1	12	50.5	Moyenne
expe2e4p5	3.5	41	1.9	21	1.9	21	34.5	Moyenne
expe2e5p3	12.1	145	1.11	23	1.2	14	35	Moyenne
expe2e2p1	5.2	62	2.1	25	2.1	25	31	Moyenne
expe2e3p1	9.4	112	1.1	13	1.1	13	39	Sévère
expe2e6p1	6.6	78	1.11	23	1.11	23	33	Légère
expe2e10p2	7.11	95	1.11	23	1.10	22	50	Sévère
expe2e2p2	11	132	1.8	20	1.8	20	33.5	Sévère
expe2e3p2	10.11	131	3.5	41	4.5	53	34.5	Légère
expe2e7p2	13.1	156	4.3	51	2.3	27	40	Moyenne
expe2e9p2	7.8	92	1	12	1	12	47.5	Sévère
expe2e10p3	14.9	177	2.5	29	2.5	29	33	Moyenne
expe2e4p3	11.5	137	1	12	1	12	42	Sévère
expe2e6p3	4.9	57	1	12	1	12	49.5	Sévère
expe2e9p3	5.1	61	1	12	1	12	36	Sévère
expe2e10p4	14.9	177	2.1	25	2.9	33	34.5	Moyenne
expe2e8p4	7.5	89	2.1	25	1.1	22	33	Sévère
expe2e1p5	16.8	200	2.1	25	1.7	19	42.5	Sévère
expe2e5p5	5.1	61	1	12	1.2	14	42.5	Moyenne
expe2e7p5	13.3	159	2.5	29	2.5	29	33	Légère
expe2e9p5	11.4	136	2.3	27	2.3	27	45	Moyenne

Annexe 20 : Données brutes (moyennes et écarts-types) des durées de comportements inadaptés (Etude 2)

Catégorie « comportements inadaptés »

		Vitesse très lente (V50)		Vitesse lente (V70)		Vitesse temps-réel (V100)		Total général	
	Profil sensoriel (Dunn)	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD
Autisme léger à modéré (CARS-T)	Différence avérée	5.79	7.38	6.40	6.32	6.86	6.75	6.30	6.78
	Différence probable	5.92	8.09	7.13	10.76	9.66	11.76	7.40	10.18
	Performance typique	3.76	3.98	3.64	4.48	5.56	9.14	4.15	5.82
Autisme sévère (CARS-T)	Différence avérée	4.37	6.08	5.54	5.19	4.87	4.39	4.86	5.43
	Différence probable	7.19	7.54	8.08	8.48	9.32	8.70	8.16	8.25
	Performance typique	4.59	4.37	4.65	5.69	12.37	17.60	6.17	9.16
Total général		5.90	7.11	6.66	7.93	8.36	9.29	6.86	8.11

Comportements inadaptés « inattention à la tâche »

		Vitesse très lente (V50)		Vitesse lente (V70)		Vitesse temps-réel (V100)		Total général	
	Profil sensoriel (Dunn)	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD
Autisme léger à modéré (CARS-T)	Différence avérée	7.34	8.13	8.39	6.39	10.92	7.04	8.52	7.28
	Différence probable	5.47	3.98	5.31	3.36	11.06	12.94	7.02	7.93
	Performance typique	4.76	4.47	5.45	5.42	9.64	13.06	5.99	7.25
Autisme sévère (CARS-T)	Différence avérée	6.01	7.25	7.93	5.70	7.60	4.23	6.96	6.20
	Différence probable	9.13	8.18	9.24	9.00	11.73	9.24	9.93	8.82
	Performance typique	5.62	4.31	7.83	6.21	16.82	19.45	8.60	10.21
Total général		7.21	7.13	7.90	7.31	11.08	10.12	8.46	8.22

Annexe 21 : Données brutes (moyennes et écarts-types) des durées de fixation (Etude 2)

		Vitesse très lente (V50)				Vitesse lente (V70)				Vitesse temps-réel (V100)				<i>Total général</i>
		AOI non sociale		AOI sociale		AOI non sociale		AOI sociale		AOI non sociale		AOI sociale		
	Profil sensoriel (Dunn)	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	<i>Moy</i>
Autisme léger à modéré (CARS-T)	Différence avérée	9.45	12.90	34.52	27.23	12.86	13.44	33.82	24.35	11.76	12.09	32.70	25.50	23.18
	Différence probable	10.51	12.90	30.40	21.03	12.91	13.98	32.01	22.67	13.47	13.97	33.61	21.52	22.67
	Performance typique	26.66	36.68	30.50	26.25	26.25	32.61	33.13	28.54	22.93	24.45	24.53	16.53	27.05
Autisme sévère (CARS-T)	Différence avérée	9.78	9.60	29.04	19.27	10.96	9.64	35.63	25.01	11.73	13.17	29.50	20.39	21.57
	Différence probable	12.88	14.41	31.72	24.80	15.89	15.78	31.01	22.92	14.63	14.95	30.79	25.93	23.25
	Performance typique	8.08	9.74	29.49	24.28	11.47	12.87	29.66	25.89	9.73	12.61	31.69	27.54	20.34
	Total général	11.44	15.26	31.03	22.68	13.96	15.63	32.52	23.46	13.42	14.45	31.54	22.81	22.76

Annexe 22 : Données brutes (moyennes et écarts-types) des réponses aux questions de compréhension (Etude 2)

Pour rappel, la variable dépendante est la suivante : « bonnes réponse » (=2) et « mauvaise réponse » (=1)

(Cela correspond aux réponses des participants à la suite des questions de compréhension).

		Vitesse très lente (V50)				Vitesse lente (V70)				Vitesse temps-réel (V100)				<i>Total général</i>
		Question contextuelle		Question socio-émotionnelle		Question contextuelle		Question socio-émotionnelle		Question contextuelle		Question socio-émotionnelle		
		Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	Moy	SD	<i>Moy</i>
Autisme léger à modéré (CARS-T)	Profil sensoriel (Dunn)													
	Différence avérée	1.78	0.44	1.67	0.50	1.56	0.53	1.56	0.53	1.56	0.53	1.67	0.50	1.63
	Différence probable	1.76	0.44	1.35	0.49	1.47	0.51	1.71	0.47	1.59	0.51	1.47	0.51	1.56
	Performance typique	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00
Autisme sévère (CARS-T)	Profil sensoriel (Dunn)													
	Différence avérée	1.50	0.58	1.50	0.58	1.25	0.50	2.00	0.00	1.50	0.58	1.50	0.58	1.54
	Différence probable	1.67	0.52	1.67	0.52	1.50	0.55	1.67	0.52	1.67	0.52	1.67	0.52	1.64
	Performance typique	1.50	0.71	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.08
Total général		1.73	0.45	1.50	0.51	1.48	0.51	1.68	0.47	1.58	0.50	1.55	0.50	1.58