

Enfance

<http://www.necplus.eu/ENF>

Additional services for **Enfance**:

Email alerts: [Click here](#)

Subscriptions: [Click here](#)

Commercial reprints: [Click here](#)

Terms of use : [Click here](#)



Création d'outils numériques pour personnes avec Trouble du spectre de l'autisme : de la recherche à la pratique, et vice versa

Olivier Bourgueil, Gaele Regnault et Sylvain Moutier

Enfance / Volume 2015 / Issue 01 / March 2015, pp 111 - 126
DOI: 10.4074/S001375451500107X, Published online: 06 May 2015

Link to this article: http://www.necplus.eu/abstract_S001375451500107X

How to cite this article:

Olivier Bourgueil, Gaele Regnault et Sylvain Moutier (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, pp 111-126 doi:10.4074/S001375451500107X

Request Permissions : [Click here](#)



Création d'outils numériques pour personnes avec Trouble du spectre de l'autisme : de la recherche à la pratique, et vice versa

Olivier BOURGUEIL*, Gaelle REGNAULT*
et Sylvain MOUTIER**

RÉSUMÉ

La très grande diversité d'outils numériques (logiciels, applications etc.) pour personnes avec Trouble du spectre de l'autisme (TSA) peut rendre le choix pour les familles, les professionnels et les aidants familiaux extrêmement compliqué. Néanmoins, il est selon nous possible de faciliter cette sélection en privilégiant le choix des rares outils basés sur des faits scientifiques avérés et explicites. Dans cet article, nous présenterons tout d'abord les différents corpus théoriques et éléments de la littérature scientifique qui ont été pris en compte et intégrés afin de développer les applications numériques LearnEnjoy, pour enfants avec TSA. Ces applications permettent d'enseigner un très grand nombre de compétences et visent également à fournir de véritables manuels d'enseignement structurés et progressifs.

Nous expliquerons ensuite les modalités selon lesquelles ces applications seront, en retour, utilisées dans le cadre d'un protocole innovant de recherche expérimentale dont l'objectif est de mieux comprendre le développement cognitif « atypique » des enfants d'âge scolaire avec TSA, dans le domaine des fonctions exécutives, ce qui permettra dans le futur d'envisager de nouvelles perspectives de remédiation.

MOTS-CLÉS : TROUBLE DU SPECTRE DE L'AUTISME, DÉVELOPPEMENT, FONCTIONS EXÉCUTIVES, NUMÉRIQUE, PÉDAGOGIE ADAPTÉE

*LearnEnjoy, 21 Boulevard Saint Antoine, 78000 Versailles. *Email* : olivier.bourgueil@learnenjoy.com ; gaele.regnault@learnenjoy.com

** Laboratoire de Psychopathologie et Processus de Santé (LPPS, EA 4057), 71, avenue Édouard Vaillant 92774 Boulogne-Billancourt. *Email* : sylvain.moutier@parisdescartes.fr

ABSTRACT

**Creation of numerical tools
for patients with Autism Spectrum Disorder:
From research to practice and vice versa**

Making the appropriate choice of numerical teaching tools adapted to patients with Autism Spectrum Disorder (ASD), within the big diversity of Softwares or Applications, is extremely complicated for families, professionals and family caregivers. However, according to us, it is possible to facilitate this selection by focusing mostly on the rare tools essentially based on known and explicit scientific facts. First of all, this article will present various theoretical corpuses and elements of the scientific literature which were taken into account and integrated to develop the digital LearnEnjoy applications, designed for children with ASD. These LearnEnjoy applications allow patients with ASD to learn a very large number of skills. Moreover these applications aim at supplying real structured and progressive education textbooks. Secondly, we will explain how these applications are used, conversely, as essential basis of an innovative protocol of experimental research aiming at a better understanding of the “atypical” cognitive development of school-age children with TSA, especially in the field of the executive functions.

In the future, such a new scientific study should allow us to envisage creating innovativ remediation protocols for patients with ASD.

KEY-WORDS: CHILDREN, EDUCATION, AUTISM SPECTRUM DISORDER, DEVELOPMENT, EXECUTIVE FUNCTIONS, NUMERICAL TEACHING TOOLS

Les outils numériques, applications, logiciels, sites internet, destinés à enseigner des compétences aux enfants sont extrêmement nombreux, et présents sur différents supports (smartphone, tablette, ordinateur). Certains sont généralistes dans le sens où ils ont été créés pour les enfants au développement typique, alors que d'autres ont été créés spécifiquement pour certains sous-groupes d'enfants, comme les enfants atteints d'un Trouble du spectre de l'autisme (TSA). Or, il apparaît que des bénéfices particuliers existent lors de l'utilisation de ces outils avec ces enfants au développement atypique, notamment ils permettent de réduire les comportements problèmes (Neely *et al.*, 2013) et favorisent les apprentissages (Kagohara *et al.*, 2013).

Devant le manque de professionnels formés aux approches développementales et comportementales et grâce à l'attrait particulier de certains enfants avec TSA pour ce type d'outils, une équipe de parents et de professionnels a été amenée à se lancer dans la réalisation d'applications pour tablettes tactiles, pour enfants avec TSA. Ils ont voulu créer des applications qui ne soient pas seulement des applications visant à améliorer un domaine de compétences en particulier, mais qui soient de véritables manuels d'enseignement, permettant aux parents, aux professionnels en libéral, en établissements spécialisés ou en milieu scolaire ordinaire de bénéficier de ces approches.

Nous présenterons dans la première partie de cet article comment les applications pour tablettes tactiles Basics, Progress et Preschool, développées par LearnEnjoy ont été créées en intégrant différents apports et cursus scientifiques afin de correspondre le plus possible aux besoins et modes d'apprentissages spécifiques des personnes avec TSA, tout en prenant le soin de détailler les spécifications techniques de ces applications.

Dans la deuxième partie de cet article, nous présenterons comment, en retour, ces applications, hautement adaptables, ont été utilisées dans un protocole innovant de recherche expérimentale dont l'objectif est de mieux comprendre le développement cognitif atypique des enfants d'âge préscolaire et scolaire avec TSA, dans le domaine des fonctions exécutives, et d'envisager de nouvelles perspectives de remédiation clinique.

BASICS, PROGRESS ET PRESCHOOL, TROIS APPLICATIONS POUR TABLETTES TACTILES, CONÇUES POUR ENSEIGNER DES COMPÉTENCES AUX ENFANTS AVEC TSA

Nous allons présenter l'organisation des trois applications ainsi que certaines de leurs spécifications techniques, avant de discuter de la façon dont leur contenu éducatif a été pensé.

Organisation des applications et spécifications techniques

Les trois applications Basics, Progress et Preschool reprennent de façon développementale et hiérarchique différents objectifs de travail. Les compétences travaillées au sein des trois applications couvrent à peu près le développement



Figure 1.

Écran d'accès aux contenus d'une des applications (Progress)

d'un enfant ordinaire, de 18 mois à 6 ans, et les domaines de compétences, appelés ici « axes », que l'utilisateur retrouvera dans chaque application sont : « Comprendre et organiser », « Communiquer », « Jouer et interagir », « Vivre au quotidien », « Envisager l'école ». Au sein de chacun des axes on peut trouver entre 15 et 30 activités incorporant elles-mêmes entre 6 et 50 occurrences (« fiches de travail »). Un exemple d'écran d'accès aux activités est proposé dans la figure 1. Au total, ce sont plus de 400 activités, pour un total de plus de 4 000 occurrences qui sont proposées aux utilisateurs. Le tableau 1 propose une présentation globale de cette organisation et de ces contenus.

Les trois applications reposent sur la même base informatique, faite de « moteurs » qui mettent en jeu différents types d'interactions entre l'adulte, l'enfant et la tablette tactile. Par exemple, il existe un moteur dans lequel une image présentée en bas de l'écran doit être amenée sur une image en haut de l'écran, un autre moteur qui fait qu'une image est divisée en un certain nombre de pièces, permettant de créer automatiquement des puzzles, un autre moteur qui permet de déplacer des images de la partie gauche à la partie droite de l'écran pour les activités notamment de dénombrement.

Ce sont ainsi douze moteurs informatiques différents qui permettent de gérer un ensemble de paramètres comme le nombre d'images affichées à l'écran, la présence ou non de consignes audio, le nombre d'erreurs autorisées

Tableau 1.

Nombre d'activités et d'occurrences par application LearnEnjoy

| Nom de l'application LearnEnjoy | Nombre total d'activités | Nombre d'occurrences |
|---------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Basics | 135 | 1173 |
| Progress | 141 | 1439 |
| Preschool | 143 | 1509 |
| Total | 419 | 4121 |

etc. L'intégralité des 4 000 occurrences proposées actuellement au sein des applications a été paramétrée, occurrence par occurrence, par les professionnels de l'équipe de LearnEnjoy ce qui a permis de proposer un contenu pédagogique totalement adapté aux besoins des personnes avec TSA.

Ce mode de conception fastidieux a pour avantage de permettre à l'équipe en charge de la programmation pédagogique d'apporter très aisément des modifications de contenu (consignes, images, consignes sonores), de créer, modifier, déplacer des activités. Ces évolutions sont basées sur les retours d'usage fournis par les utilisateurs (familles, professionnels, établissements spécialisés, établissements scolaires ordinaires ou spécialisés) et sur les données fournies par la recherche. Il sera ainsi possible d'intégrer les résultats qui seront mis en évidence lors des recherches sur les fonctions exécutives afin de proposer des pistes de remédiation novatrices.

Les applications proposent en outre deux modes de travail : autonome et accompagné. Dans le mode accompagné, c'est l'adulte, l'éducateur, le psychologue, le chercheur etc. qui aide l'enfant à apprendre de nouvelles compétences. C'est l'adulte qui, par son étayage, aide l'apprentissage : il donne les consignes, fournit des guidances, des félicitations. C'est le mode principal d'utilisation des applications, celui qui permet d'enseigner des compétences à l'enfant avec TSA, celui qui permet que la tablette ne soit pas une fin en soi, mais bien un outil médiatisant les interactions entre l'adulte et l'enfant.

Dans le mode autonome, c'est l'enfant qui, seul, peut réviser ce qu'il a déjà appris dans le mode accompagné, ou qui peut même apprendre par lui-même, s'il en a les possibilités. Dans le mode autonome, les consignes sont données par des voix préenregistrées, les réussites, ou les échecs (suivis de corrections d'erreur, si cela est nécessaire), sont indiquées par l'application.

Tout au long de l'utilisation des applications, et quel que soit le mode sélectionné, des données sont collectées sur les réponses de l'enfant, afin de pouvoir transmettre aux adultes des informations précises relatives aux objectifs à travailler ou réviser. Ces informations sont transmises par des jauges colorées, présentées sur l'icône de chaque activité et qui vont progressivement se remplir et changer de couleur. Le message transmis est donc à la fois la

quantité d'occurrences de chaque activité déjà répondues par l'enfant (niveau de remplissage de la jauge), mais aussi le niveau de réussite (couleur de la barre de progression).

Ceci permet à l'adulte de choisir s'il veut proposer à nouveau des activités simples, déjà maîtrisées (avec une jauge remplie et de couleur verte), des activités difficiles pas encore maîtrisées (avec une jauge de couleur jaune, orange ou rouge, plus ou moins remplie) ou des activités nouvelles, pas encore commencées (avec une jauge vide). De cette façon, les informations fournies par la tablette permettent aux adultes de moduler leurs propres comportements de choix des activités proposées à l'enfant, tout en permettant de s'assurer de l'apprentissage des compétences. Un exemple est présenté dans la figure 2.

Ces données sont également transmises à des serveurs distants, ce qui permet de synchroniser les résultats entre toutes les tablettes sur lesquelles l'enfant pourrait être amené à travailler à l'aide des applications LearnEnjoy.

Afin de permettre une réelle appropriation de l'outil par les enfants avec TSA et leurs aidants, afin de coller au mieux à ce que les enfants vivent au quotidien, un des moteurs informatiques permet de personnaliser des occurrences. Des images personnelles telles que des photos prises dans l'environnement de l'enfant (personnes proches, objet ou lieu familier) peuvent être incorporées, ainsi que des consignes écrites et des messages sonores enregistrés par l'adulte, voire par l'enfant lui-même. Cette personnalisation a été conçue de façon à pouvoir enseigner à l'enfant soit des discriminations, soit des séquences de comportements.

Signalons également que les applications sont disponibles en 5 langues, français, anglais, espagnol, italien et portugais. Ceci permet de toucher un nombre plus grand de familles concernées par les TSA, de professionnels, d'établissements, mais aussi, effet collatéral non prévu, d'enseigner ces langues aux enfants avec TSA, voire aux enfants au développement typique. En effet, la façon dont les applications ont été créées, à partir des principes de base de la façon dont des apprentissages se font et incorporant une approche hiérarchique et développementale, permet d'envisager l'enseignement de nouvelles langues, pour les enfants maîtrisant déjà le français bien évidemment.

Les corpus scientifiques pris en compte pour la création de ces applications vont maintenant être présentés.



Figure 2.

Exemple de jauges de réussite dans une des applications (Progress)

Spécificités cognitives et cliniques des personnes avec TSA

Il apparaît que les personnes atteintes de TSA apprennent plus rapidement lorsque des consignes simples sont présentées, plutôt que des consignes complexes (Murphy, 2006). Afin de prendre en compte cette caractéristique, les consignes apparaissant à l'écran, qui indiquent à l'adulte ce qu'il doit dire, faire, ou demander à l'enfant de faire, sont volontairement simples. Elles comprennent pour les premières activités, les plus simples, des instructions à un seul ou deux mot(s). Au fur et à mesure de l'avancée dans les activités, ces consignes se complexifient, en partant du vocabulaire déjà présenté dans les activités précédentes, donc déjà maîtrisé, et en y ajoutant de nouveaux mots.

La répétition des enseignements est également reconnue comme une nécessité importante pour les personnes avec TSA (Taubman, 2001). Lors de l'utilisation des applications créées par LearnEnjoy, quand une activité est présentée à l'enfant les occurrences vont apparaître les unes après les autres. Grâce au faible nombre de ces occurrences au sein d'une même activité (entre 5 et 20 en général), celles-ci vont apparaître fréquemment. Ainsi, la personne avec TSA sera exposée aux mêmes stimuli plusieurs fois d'affilée, permettant que le même enseignement soit proposé plusieurs fois de suite.

De plus un algorithme de présentation des occurrences a été établi qui va présenter les occurrences dans un certain ordre. Ce sont tout d'abord les occurrences qui n'ont jamais été répondues qui vont être présentées en premier, ensuite viendront les occurrences les moins bien réussies, puis ensuite celles ayant déjà été réussies. Lorsque toutes les occurrences ont été répondues correctement, un message félicitant l'enfant et invitant l'adulte à changer d'activité est présenté à l'écran ; de même, après que dix occurrences de la même activité aient été répondues, un message invite l'adulte à changer d'activité, afin de réduire le risque que des activités soient travaillées trop longtemps et qu'elles deviennent aversives.

L'utilisation de matériel épuré est reconnue comme permettant aux personnes atteintes de TSA un meilleur apprentissage (Bertone *et al.*, 2005). Au sein des applications, de nombreuses images ont été sélectionnées ou créées avec des fonds blancs, sans stimuli perturbateurs, afin d'intégrer ce paramètre et de tenter d'améliorer les apprentissages. En effet, la sur-sélectivité (le fait de porter attention à des stimuli non-pertinents pour donner sa réponse) est communément rencontrée chez les personnes avec TSA (Brown & Bebko, 2012) et l'apprentissage de discriminations est régulièrement ralenti ou rendu plus difficile lorsque le contenu des images présentées n'est pas suffisamment bien contrôlé.

Le problème inverse, mais tout aussi fréquemment rencontré et cité, en rapport aux enseignements dirigés vers les personnes atteintes de TSA concerne la généralisation des compétences (Lovaas *et al.*, 1979). Les difficultés de généralisation concernent en particulier ce que l'on appelle la généralisation du stimulus, c'est-à-dire la capacité de plusieurs stimuli, ressemblants mais non strictement identiques, à évoquer la même réponse. Afin de favoriser la

généralisation, diverses techniques ont été éprouvées et au sein des applications LearnEnjoy, c'est en particulier grâce à l'utilisation d'exemplaires multiples (Jahr, 2001) et à la présentation des mêmes stimuli, au sein de différentes compétences, que la probabilité que la généralisation se fasse est augmentée.

Enfin, il faut ajouter aux difficultés de généralisation des difficultés particulières de sélection des connaissances pertinentes. Cette sélection est potentiellement difficile car elle impose, en fonction d'une consigne précise, de prendre en compte toute la complexité de la consigne afin d'émettre, de sélectionner, la seule réponse correcte. Il s'agit alors de tenir compte des processus de sélection-inhibition des connaissances parmi un répertoire de possibles, ce qui correspond au domaine d'étude des fonctions exécutives (Moutier, 2003). De nombreuses pistes d'un dysfonctionnement exécutif font l'objet de recherches scientifiques. Ce dysfonctionnement permettrait d'expliquer les difficultés d'inhibition des nombreuses routines inadaptées, ainsi que des conduites stéréotypées et répétitives, caractéristiques des enfants, adolescents et adultes TSA.

Différentes activités proposées aux enfants utilisant les applications LearnEnjoy prennent déjà en compte ces potentielles difficultés de sélection-inhibition. Afin d'éviter autant que possible que la personne ne se focalise sur une information non pertinente ou parcellaire pour émettre sa réponse, les consignes sont volontairement très simples au début (ne nécessitant de prendre en compte qu'une composante, comme « la maison »), puis sont systématiquement variées et complexifiées afin de favoriser la prise en compte de toutes les informations pertinentes (pour arriver par exemple à des consignes à 3 composantes comme « la petite maison rouge », ce qui n'est travaillé qu'après que l'on soit sûr que chaque mot soit maîtrisé, indépendamment des autres). D'autres activités comme celles travaillant la compréhension de la négation obligent l'enfant à « ne pas faire » quelque chose alors qu'auparavant on lui a souvent demandé de le faire, en clair il doit inhiber la réponse habituellement émise.

Prise en compte des principes fondamentaux des apprentissages

L'analyse comportementale appliquée (*Applied Behavior Analysis* - ABA) est une science appliquée extrêmement riche en apports permettant de comprendre les mécanismes par lesquels des apprentissages ont lieu, ou pas (se reporter par exemple à Cooper, Heron et Heward, 2007, Miltenberger 2011, Catania, 2013). Certains de ces apports ont été intégrés au sein des applications LearnEnjoy, afin justement que l'utilisation de ces applications permette aux adultes d'enseigner avec les meilleures techniques possibles.

Le fait que la personne enseignant des compétences puisse fournir des guidances dès le début de l'enseignement (ce que l'on appelle de l'enseignement sans erreur) est reconnu comme important pour la mise en place de discriminations (voir notamment Akmanoglu & Batu, 2004 et Terrace, 1963). Ce mode d'enseignement permet d'accélérer l'apprentissage et de diminuer les réponses émotionnelles liées aux échecs. Évidemment, ces guidances doivent

être progressivement estompées afin de permettre l'apparition de réponses autonomes, ce qui est le but de pratiquement tout enseignement. Ces aspects fondamentaux sont intégrés au sein des applications grâce à la possibilité d'indiquer différents niveaux de réussite (cotations) relatives à la performance de l'enfant. Il est ainsi possible d'indiquer que l'adulte a fourni une « guidance forte », une aide totale afin d'aider à trouver la bonne réponse (par exemple, en prenant le doigt de l'enfant et en lui faisant toucher la bonne image), une « guidance faible », lorsque l'adulte a pu commencer à estomper sa guidance (par exemple en guidant seulement avec un geste la bonne réponse), une « réussite », lorsque l'enfant émet le comportement sans guidance. La cotation « échec » est aussi possible, lorsque par exemple la guidance a été estompée trop rapidement et que l'enfant a indiqué la mauvaise réponse, ou que, tout simplement, il s'est trompé.

Le renforcement des réponses de l'enfant, c'est-à-dire la présentation d'un stimulus renforçant, contingente à l'émission d'un comportement, est la base de la plupart des apprentissages (voir par exemple Tarbox, Ghezzi, & Wilson, 2006). Cette donnée revêt une importance extrême pour celui qui désire enseigner, que ce soit à des enfants avec un développement typique, ou à des personnes atteintes de TSA. Mais une grande différence chez les personnes avec TSA est qu'elles ne sont pas forcément sensibles aux mêmes stimuli renforçants que leurs pairs non atteints de TSA (Forget & Rivard, 2010 ; Rivard *et al.*, sous presse).

Au sein des applications, un stimulus visuel et coloré apparaît après l'indication par l'adulte du niveau de réussite de l'enfant. Il s'agit d'une courte séquence mettant en scène un petit personnage amusant, et cette séquence est plus longue, plus colorée, plus animée selon la performance indiquée par l'adulte (guidance forte, guidance faible, réussite). Cependant, au vu de l'importante variabilité de la sensibilité des personnes avec TSA à différents types de stimuli, il est indiqué dans des pages introductives aux utilisateurs des applications que les renforçateurs devraient être individualisés et, afin de favoriser le lien social, fournis par l'adulte plutôt que fournis par la tablette tactile.

Dans le mode autonome, c'est-à-dire le mode dans lequel les instructions sont présentées par des voix pré-enregistrées, le renforçateur (le personnage coloré) est présenté automatiquement. Comme il peut arriver à l'enfant de se tromper, une procédure automatique de correction d'erreur a été mise en place afin d'éviter que des schémas de comportements incorrects ne se mettent en place. Ainsi, si l'enfant sélectionne la mauvaise image, ou amène une image sur un emplacement incorrect, la consigne sonore automatique est prononcée à nouveau et le clignotement de l'image et/ou de son emplacement corrects clignotent pour indiquer le comportement attendu et éviter la répétition de l'erreur.

Prise en compte des différentes fonctions du langage

Le langage est composé de différentes fonctions, de différents répertoires (Skinner, 1957). Cette analyse fonctionnelle du langage permet de bien distinguer les stimuli qui devraient être à l'origine de l'émission de mots en particuliers et dans quel contexte.

Tableau 2.

Fonctions de la communication travaillées au sein des applications

| Fonction de communication | Nom commun du comportement verbal (Terme technique spécifique à l'analyse du comportement) |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Décrire son environnement | Dénomination (tact) |
| Converser | Conversation (intraverbal) |
| Comprendre ce qui est dit | Réceptif (réponse de l'auditeur) |
| Lire un texte | Lecture (textuel) |
| Écrire | Écriture (transcriptif) |

De plus ces différents répertoires ne sont pas forcément reliés les uns aux autres (Lamarre & Holland, 1985). C'est-à-dire que l'apprentissage d'un nouveau mot dans un répertoire ne va pas automatiquement se transférer à un autre répertoire (par exemple, ce n'est pas parce qu'on sait demander la télévision lorsqu'on désire la regarder que l'on sait dénommer l'objet télévision lorsque l'adulte nous demande « qu'est-ce que c'est ? »).

Au sein des applications conçues par LearnEnjoy, grâce à la présentation des mêmes « mots » dans différents répertoires, cette possible indépendance est prise en compte et son impact négatif sur les apprentissages est minimisé. Les fonctions du langage travaillées au sein des applications sont présentées en détail dans le tableau 2. Par exemple le travail sur le mot pomme est effectué en dénomination (répondre verbalement à la question : « Qu'est-ce que c'est ? » face à une image de pomme), en auditeur (sélectionner l'image de la pomme quand on lui dit « trouve la pomme »), en textuel (sélectionner le bon mot écrit quand on dit « Où est écrit pomme ? »).

Autres apports

ayant présidé à la conception des applications LearnEnjoy

Ces applications ont été conçues dans une perspective hiérarchique et développementale, afin de permettre aux enfants avec TSA les utilisant de progresser étape par étape, selon une trajectoire prenant en compte leurs spécificités, tout en essayant le plus possible d'évoluer en parallèle de celle des enfants au développement typique. Des professionnels de différentes spécialités (notamment psychologues, orthophoniste, psychomotricienne) ainsi que des outils et curriculums spécifiques tels que l'ABLLS-R (Partington, 2006), le VB-MAPP (Sundberg, 2008), le PEP3 (Schopler *et al.*, 2008), qui incorporent cette vision développementale ont été des guides permettant de spécifier la progression des enseignements et de leurs difficultés. Cette progressivité concerne tout autant le langage (par exemple, commencer à enseigner des noms communs, puis des verbes d'action, puis des adjectifs etc.), que les performances

visuelles (par exemple pour les appariements, les tris, la catégorisation), la motricité, les praxies bucco-faciales, l'imitation etc.

Enfin, les applications seraient très incomplètes si elles n'incorporaient pas de possibilités d'apprentissages de compétences scolaires. Un travail avec des enseignants spécialisés et une orthophoniste a permis d'établir la progressivité des activités permettant l'apprentissage de la lecture (globale et syllabique), de l'écriture, des premières notions de mathématiques.

UTILISATION DES APPLICATIONS DANS UN PROTOCOLE DE RECHERCHE EXPÉRIMENTALE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES FONCTIONS EXÉCUTIVES CHEZ LES ENFANTS ATTEINTS DE TSA

L'ensemble des données collectées sur les performances des enfants atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA), tout au long de l'utilisation des applications LearnEnjoy, constitue une source d'information précieuse pour les enseignants mais également pour les chercheurs en psychologie du développement. En effet, en plus d'une précieuse base de données permettant de décrire les différentes trajectoires développementales des sujets avec TSA en situation d'apprentissage, de nouvelles applications ont été envisagées dans le cadre d'un projet expérimental centré sur l'étude du développement des fonctions exécutives. La principale question à l'origine de ce partenariat de recherche entre LearnEnjoy et le Laboratoire LPPS (Université Paris Descartes) était la suivante :

Si les difficultés des enfants avec TSA à inhiber des distracteurs et des routines, observées sur le plan clinique comme en laboratoire, semblent être la cause de leurs persévérations et répétitions de conduites inefficaces, celles-ci sont-elles véritablement irrépessibles ? Tout porte à croire que la difficulté à supprimer ou inhiber les routines ne serait pas inéluctable dès lors qu'un ensemble de travaux expérimentaux atteste de la possibilité de renforcer les capacités de contrôle exécutif des enfants « typiques » et d'améliorer de façon significative la résistance aux distracteurs et aux routines inadaptées. C'est précisément ce qu'ont démontré les recherches de Diamond (2007) chez l'enfant d'âge préscolaire ainsi que celles de notre équipe chez l'enfant d'âge scolaire et l'adulte (Moutier 2000, 2003, 2014) qui tendent respectivement à démontrer que non seulement le niveau d'efficacité exécutive inhibitrice serait un meilleur facteur prédictif de la réussite scolaire que le QI, mais aussi que les capacités exécutives des enfants typiques sont sensibles aux apprentissages.

Sur le versant du développement atypiques des connaissances des sujets atteints de TSA, les recherches en psychologie cognitive et en neurosciences développementales ont également exploré la piste d'un dysfonctionnement exécutif afin d'expliquer les difficultés d'inhibition des nombreuses routines inadaptées, ainsi que des conduites stéréotypées et répétitives, caractéristiques des enfants avec TSA. Des travaux ont ainsi été menés sur l'efficacité inhibitrice des enfants avec TSA permettant de bloquer ou supprimer des informations ou des connaissances dominantes et distractrices, préalablement activées dans des

contextes ayant des similitudes avec la situation actuelle, mais non pertinentes pour l'objectif à atteindre. C'est le cas notamment dans le test classique de Stroop où le sujet a pour consigne de dénommer la couleur de l'encre de mots de couleur (par exemple les mots rouge, vert, bleu, etc.) mais imprimés dans une autre couleur. Lorsque, par exemple, le mot « rouge » est imprimé en noir comme dans ce texte, le sujet doit répondre noir. Toute la difficulté est alors pour le sujet de parvenir à inhiber la routine de la lecture automatique du mot écrit (distracteur : « rouge ») afin de mettre en œuvre un processus élémentaire, mais bien moins automatisé, de dénomination de la couleur de l'encre (réponse correcte : « noir »). Si pour cette tâche, de façon intéressante, les enfants avec TSA lecteurs ne paraissent pas plus en difficulté, voire même moins, que des sujets contrôles appariés en niveau de lecture (Russo *et al.*, 2007), cela ne résulterait pas nécessairement d'une efficacité inhibitrice identique à celle des sujets typiques mais de la plus grande prégnance de la couleur des lettres, ce type de traitement perceptif de bas niveau étant particulièrement favorisé chez les enfants avec TSA (Mottron, 2004). Le test classique de Stroop n'aurait alors plus la même valeur diagnostique des capacités d'inhibition chez les enfants avec TSA que chez les sujets contrôles (Adams & Jarrod, 2009).

C'est la raison pour laquelle, d'autres épreuves d'inhibition cognitive n'impliquant pas la lecture ont été employées telles que : a) la version pour jeunes enfants adaptée du Stroop (animaux chimériques, dont la tête appartient à un autre animal que le corps, ce dernier étant la cible de la dénomination) ou encore : b) une version du Stroop où il s'agit de compter le nombre d'éléments en inhibant l'identification du chiffre (par exemple, pour l'item « 2 2 2 », la réponse correcte est 3). Pour ces épreuves, d'après Kana *et al.* (2007) et Russo *et al.* (2007), les sujets TSA présentent plus de difficultés que les sujets typiques, en particulier à l'âge préscolaire. Notons que ces épreuves, adaptées aux sujets pré-lecteurs, exigent néanmoins de bonnes capacités de compréhension verbale des consignes et ont donc été essentiellement proposées à des enfants TSA qualifiés de *high functioning*. La question se pose alors de savoir si l'on observerait également chez les enfants avec TSA dont le QI est inférieur à la moyenne, des chemins de développement exécutifs différents de ceux observés par Diamond (2007) chez des sujets typiques à l'aide d'épreuves plus simples, comme celles de type « Flanker », où il s'agit d'inhiber une grande forme géométrique « distractrice » (par exemple un grand triangle) afin de dénommer une plus petite forme « cible » située à l'intérieur de la précédente.

Or, si les recherches effectuées chez les enfants avec TSA ont mis en évidence un dysfonctionnement des capacités inhibitrices, aucune recherche n'a été encore effectuée sur la possibilité de renforcer le contrôle exécutif des enfants avec TSA via des situations d'apprentissages attractives et adaptées à cette population atypique.

L'enjeu de ce projet est donc d'étudier le développement des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire et scolaire (90 enfants d'âge préscolaire et scolaire, soit 3 groupes de 15 enfants avec TSA âgés de 4 ans, 6

ans et 9 ans et 3 groupes de 15 enfants contrôles âgés de 4 ans, 6 ans et 9 ans). L'opérationnalisation de ce projet s'effectuera en deux étapes :

Une première étape (Étude préliminaire) consistera en la création de versions informatisées des différentes épreuves exécutives (de type Flanker et Stroop) qui seront ajoutées aux épreuves d'apprentissages quotidiens et scolaires déjà élaborées dans le cadre de l'outil informatique LearnEnjoy ainsi qu'à des pré-tests indicatifs sur quelques sujets d'âge préscolaire et scolaire afin de vérifier la faisabilité de la passation auprès des enfants atteints de TSA.

La seconde étape consistera en recherche expérimentale proprement dite combinant approche transversale et longitudinale afin de tester le niveau d'efficacité exécutive d'enfants atteints de TSA âgés entre 3 et 10 ans (contrastés avec un groupe contrôle de sujets du même âge) dans le cadre de la passation effectuée en laboratoire de ces nouvelles épreuves exécutives (test 1 en début d'année scolaire), mais aussi le développement de leurs capacités au cours d'une année à l'aide d'un re-test (2) effectué 3 mois plus tard, puis à nouveau d'un dernier re-test 3 mois après à l'aide des mêmes épreuves toujours à l'aide de la tablette électronique. L'objectif de ces trois tests successifs, effectués en début et fin d'année scolaire, sera donc de rendre compte des chemins de développement exécutifs spécifiques et de la variabilité interindividuelle des enfants avec TSA et contrôles, compte tenu de leur efficacité dans les divers modules d'apprentissages quotidiens et scolaires de l'outil informatique LearnEnjoy lors de ces deux phases de tests.

Ainsi, l'objectif de ce projet, situé à l'interface entre la psychologie du développement et la psychopathologie, est double. Il s'agit, d'une part, de mieux rendre compte des changements développementaux des enfants avec TSA, du point de vue de leur efficacité exécutive. D'autre part, ce projet devrait conduire, à terme, à l'élaboration de situations d'apprentissages ou de remédiations cliniques et pratiques aussi bien dans les domaines familiaux que scolaires, pour lesquels la résistance aux routines et stéréotypies constitue un défi commun. Ces situations d'apprentissage pourront être intégrées aux prochaines mises à jour des applications LearnEnjoy, afin de proposer aux utilisateurs des contenus toujours actualisés par rapport aux données de la recherche.

CONCLUSION

Les applications pour tablettes tactiles mentionnées tout au long de cet article ne sont bien évidemment pas les seules disponibles pour les parents d'enfants avec TSA, les professionnels ou les établissements travaillant avec ce public. Cependant les applications LearnEnjoy sont les seules en français, à notre connaissance à avoir été conçues de façon explicite par un ensemble de professionnels, à partir de faits scientifiques établis dans la littérature et qui de plus se positionnent dans une optique de pratiques basées sur des preuves. Dès les premières étapes de leur conception, différents corpus théoriques ont été intégrés afin que les enfants avec TSA puissent bénéficier des meilleures

pratiques, quelles que soient les orientations théoriques et la formation des professionnels travaillant avec eux.

Étant donné que les applications ont été créées de façon à pouvoir évoluer très facilement, les retours d'usage des enseignants, des professionnels et des familles permettent d'améliorer sans cesse ce qui est proposé aux personnes avec TSA. Les images peuvent par exemple être modifiées s'il est avéré qu'elles occasionnent des erreurs chez un grand nombre d'utilisateurs, l'ordre des activités peut être altéré en quelques secondes, de nouvelles activités, images, consignes peuvent être transmises quasi instantanément aux dispositifs équipés des applications. Les nouveaux résultats scientifiques concernant le fonctionnement des personnes avec TSA sont intégrables aisément.

L'ambition de l'équipe LearnEnjoy et de nos partenaires est aussi de participer à l'évolution des connaissances et des pratiques. Grâce à la collecte de données et par la mise en place d'un cercle vertueux, ces applications sont un terrain formidable pour les chercheurs désireux de mettre en place à grande échelle des protocoles de recherche comme ceux liés au développement des fonctions exécutives, un champ de recherche prometteur et en plein essor, avec à la clé la possibilité de proposer des pistes de remédiation novatrices.

Enfin, signalons qu'au-delà de l'accès à des pratiques basées sur des preuves, les applications LearnEnjoy peuvent également favoriser des évolutions sociétales. C'est le cas notamment de l'inclusion scolaire des personnes avec TSA. Grâce au soutien du ministère de l'Éducation nationale (MEN) un projet, baptisé Educare a vu le jour, avec pour enjeu le soutien de l'individualisation des parcours scolaires des enfants avec TSA. Le soutien du MEN a permis d'établir avec des enseignants spécialisés un référentiel mettant en rapport les terminologies du socle commun de l'éducation avec les libellés des activités proposées par les applications. Ainsi l'enseignant désireux d'utiliser les applications avec un élève atteint de TSA peut facilement sélectionner l'activité correspondant à la compétence qui va être travaillée avec les élèves. Puis, après avoir travaillé régulièrement avec le support adapté de la tablette tactile et des applications LearnEnjoy, à la fin de chaque période scolaire, un livret est édité et permet d'avoir des informations objectives et concrètes sur les compétences de l'élève avec TSA.

La « révolution numérique » peut, en fin de compte, aboutir à une révolution de la prise en charge, de la scolarisation et de la recherche liées aux TSA.

RÉFÉRENCES

- Adams, N. C., & Jarrold, C. (2009). Inhibition and the validity of the Stroop task for children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(8), 1112-1121.

- Akmanoglu, N., & Batu, S. (2004). Teaching pointing to numerals to individuals with autism using simultaneous prompting. *Education and Training in Developmental Disabilities, 39*(4), 326-336.
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2005). Enhanced and diminished visuo-spatial information processing in autism depends on stimulus complexity. *Brain, 128*, 2430-2441.
- Brown, S., & Bebko, J. M. (2012). Generalization, overselectivity, and discrimination in the autism phenotype: A review. *Research in Autism Spectrum Disorders, 6*(2), 733-740.
- Catania, A. C. (2013). *Learning* (5th ed.). Cornwall-on-Hudson, NY: Sloan Publishing.
- Cooper, J. O., Heron, T. E., & Heward, W. L. (2007). *Applied behavior analysis* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science, 318*, 1387-1388.
- Fabrizio, M. A., & Pahl, S. (2007). An experimental Analysis of Two Error Correction Procedures Used to Improve the Textual Behavior of a Student with Autism. *The Behavior Analyst Today, 8*(3), 260-272.
- Forget, J., & Rivard, M. (2010). Évaluer la sensibilité sociale de l'enfant à l'attention de l'adulte. Perspective de recherche en autisme. In Magerotte, G. & Willaye, E. (Dir.), *Intervention comportementale clinique* (p. 235-287). Bruxelles: De Boeck.
- Jahr, E. (2001). Teaching children with autism to answer novel wh-questions by utilizing a multiple exemplar strategy. *Research in Developmental Disabilities, 22*(5), 407-423.
- Kagohara, D.M., Van der Meer, L., Ramdoss, S., O'Reilly, M. F., Lancioni, G. E., Davis, T. N., ... 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.
- Kana, R. K., Keller, T. A., Minshew, N. J., & Just, M. A. (2007). Inhibitory control in high-functioning autism: Decreased activation and underconnectivity in inhibition networks. *Biological Psychiatry, 62*, 198-206.
- Lamarre, J., & Holland, J. G. (1985). The functional independence of mands and tacts. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 43*(1), 5-19.
- Lovaas, O. I., Koegel, R. L., & Schreibman, L. (1979). Stimulus overselectivity in autism: A review of research. *Psychological Bulletin, 86*(6), 1236-1254.
- Miltenberger, R. G. (2011). *Behavior modification: principles and procedures* (4th ed.). Belmont, CA: Thompson Wadsworth.
- Mottron, L. (2004). *L'autisme, une autre intelligence : diagnostic, cognition support des personnes autistes sans déficience intellectuelle*. Bruxelles : Mardaga.
- Moutier, S. (2000). Deductive reasoning and experimental matching-bias inhibition training in school children. *Current psychology of cognition, 19*, 429-452.
- Moutier, S. (Ed.) (2003). *Inhibition neurale et cognitive*. Paris : Hermès Science (Lavoisier).
- Moutier, S. (2014). Le rôle des émotions dans la prise de décision et l'anticipation des risques chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte. In E. Siéhoff, E. Drodzda-Senkowska, A.-M. Ergis, & S. Moutier (Eds.), *Psychologie de l'anticipation* (pp. 59-73). Paris : Armand Colin, coll. « Recherches ».

- Murphy, C. A. (2006). *The comparative effects of simple and complex instructional language on the acquisition and generalization of receptive language tasks by children with autism*. (Thèse de doctorat, université d'état de l'Ohio, USA). Repéré à <https://etd.ohiolink.edu/>
- Neely, L., Rispoli, M., Camargo, S., Davis, H., & Boles, M. (2013). The effect of instructional use of an iPad® on challenging behavior and academic engagement for two students with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(4), 509-516
- Partington, J. W. (2006). *The assessment of basic language and learning skills – Revised (The ABLLS-R)*. Pleasant Hill, CA: Behavior Analysts, Inc.
- Plumet, M. H. (2014). *L'autisme de l'enfant : un développement sociocognitif différent*. Paris : Armand Colin.
- Rivard, M., Forget, J., Kerr, K., & Bégin, J. (sous presse). Matching law and sensitivity to therapist's attention in children with autism spectrum disorders. *The Psychological Record*.
- Russo, N., Flanagan, T., Iarocci, G., Berringer, D., Zelazo, P.D., & Burack, J. A. (2007). Deconstructing executive deficits among persons with autism: implications for cognitive neuroscience. *Brain and Cognition*, 65(1), 77-86.
- Schopler, E., Lansing, M. D., Reichler, L. M., & Marcus, L. M. (2010). *PEP-3 Profil psycho-éducatif*. Bruxelles : De Boeck
- Skinner, B. F. (1957). *Verbal behavior*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Sundberg, M. L., (2008). *VB-MAPP, Verbal Behavior Milestones Assessment and Placement Program*. Concord, CA: AVB Press.
- Taubman, M., Brierley, S., Wishner, J., Baker, D., McEachin, J., & Leaf, R. B. (2001). The effectiveness of a group discrete trial instructional approach for preschoolers with developmental disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 22(3), 205-219
- Tarbox, R. S., Ghezzi, P. M., & Wilson, G. (2006). The effects of token reinforcement on attending in a young child with autism. *Behavioral Interventions*, 21(3), 155-164
- Terrace, H. S. (1963). Discrimination learning with and without "errors". *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 6, 1-27.