

Inclusion scolaire des enfants TSA et interventions basées sur les nouvelles technologies : une revue de littérature

Charles Fage, Cécile Mazon, Hélène Sauzéon

▶ **To cite this version:**

Charles Fage, Cécile Mazon, Hélène Sauzéon. Inclusion scolaire des enfants TSA et interventions basées sur les nouvelles technologies : une revue de littérature. Enfance, 2018, 1, pp.103-130. hal-01804536

HAL Id: hal-01804536
https://inria.hal.science/hal-01804536

Submitted on 31 May 2018

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

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

Inclusion scolaire des enfants TSA et interventions basées sur les nouvelles technologies : une revue de littérature

Charles Fage[1], Cécile Mazon[23], Hélène Sauzéon[23]

[1] Unité de Logopédie Clinique, Département de Logopédie, Quartier Village 2, B38 - rue de l'aunaie, 30. B-4000 Liège (Sart Tilman), Belgique.
charles.fage@ulg.ac.be
[2] Laboratoire HACS Handicap, Activités, Cognition et Système Nerveux, Université de Bordeaux, Université de Bordeaux, 146 rue Léo Saignat, 33000 Bordeaux, France.
Helene.sauzeon@u-bordeaux.fr
[3] Équipe Phoenix, Centre Inria Bordeaux Sud-Ouest, 200 Allée de la Vieille Tour, 33400 Talence, France
helene.sauzeon@inria.fr

Résumé
Les interventions visant l'inclusion scolaire des enfants avec troubles du spectre autistique sont souvent menées au cabinet du thérapeute et, au mieux, en classes spécialisées. Ces lieux protégés permettent des prises en charge améliorant les comportements et les processus cognitifs ciblés. Cependant, la généralisation de ces bénéfices aux situations de vie scolaire reste limitée. Pour surmonter ces difficultés, des interventions ont été implémentées directement en environnement écologique (typiquement l'environnement scolaire) en s'appuyant sur les nouvelles technologies. Cet article présente une revue de littérature de ces interventions. Les avancées et les limites sont présentées, et les perspectives de recherche dans les approches pluridisciplinaires sont discutées.

Abstract
Interventions for school inclusion of children with autism spectrum disorders are often limited to therapist's office or at best to special-education classrooms. These protected places allow implementing intervention programs that improve behaviors or targeted cognitive processes. However, generalization of these benefits is rarely achieved in real school situations. To overcome such difficulties and by leveraging new technologies, novel interventions have been implemented in mainstream environments (typically school settings). This paper presents a literature review of such interventions. Limitations and new research avenues offered by multidisciplinary approaches are discussed.

INTRODUCTION

Tels que définis par le DSM-5 (APA, 2013), les Troubles du Spectre Autistique (TSA) décrivent des troubles neurodéveloppementaux caractérisés par des déficiences dans deux domaines majeurs : la communication sociale et les activités et intérêts restreints (comportements répétitifs et stéréotypies). Ces atteintes doivent pouvoir être observées précocement dans le développement de la personne, impacter significativement son autonomie sans pouvoir être expliquées par une déficience intellectuelle seule. Les difficultés associées aux TSA en vie quotidienne limitent grandement l'inclusion scolaire en classe ordinaire des enfants avec TSA. Pour l'année scolaire 2015-2016, le Ministère de l'Éducation Nationale rapporte que sur les 42687 élèves avec troubles intellectuels et cognitifs (e.g. TSA et déficience intellectuelle), seulement 14% recevaient un accompagnement, et seulement 1% un accompagnement à temps plein (Ministère de l'Education Nationale, 2016). Aussi, ces élèves bénéficient de matériel adapté dans 4,4% des cas. Dans ce rapport, « les élèves avec troubles intellectuels ou cognitifs sévères rencontrent le plus de difficultés à suivre un cursus ordinaire » (pour revue, Fage, Pommereau, Consel, Sauzéon, & Balland, 2016).

La variété des profils cognitifs au sein de la population des enfants avec TSA requiert des prises en charge individuelles spécialisées et, par conséquent, des assistances individualisées pour surmonter les barrières de leur participation sociale, qui sont malheureusement largement renforcées par les attentes normalisées des environnements de vie quotidienne, comme l'environnement scolaire (Van Hees, Moyson, & Roeyers, 2015). Typiquement, les prises en charge sont menées dans des structures spécialisées, en ville dans le cabinet d'un thérapeute, *etc*. Ces interventions présentent souvent de bons résultats quant à l'amélioration des comportements ou des processus cognitifs ciblés, mais n'affichent généralement pas ou peu de transfert (*i.e.* généralisation) aux situations de vie quotidienne. Pour répondre à ce problème, des interventions ont été déployées directement dans les milieux de vie quotidienne. Le milieu scolaire figure au premier rang des environnements de vie quotidienne investis (*e.g.* Iovannone, Dunlap, Huber, & Kincaid, 2003 ; Goldstein, 2002).
Les deux modes d'interventions « en cabinet » et « *in situ* » sont nourris depuis les deux dernières décennies par l'introduction de supports numériques. Dans une première partie, la présente revue de littérature se propose de décrire les outils disponibles, les avancées ou résultats prometteurs qu'ils ont fournis à ces deux modes d'intervention thérapeutique auprès des enfants avec TSA, et notamment en termes d'améliorations cognitive et socio-comportementale et d'inclusion scolaire. Dans une seconde partie, les résultats de la littérature seront discutés, leurs limitations pointées, et les perspectives de recherche attendues prospectées.

Les technologies dans la prise en charge des enfants TSA

Le domaine des technologies de la santé, c'est-à-dire l'utilisation des technologies numériques dans la prise en charge de certaines pathologies, est en pleine expansion. Elles ont été particulièrement diffusées depuis plus de dix ans dans les prises en charge des troubles neurodéveloppementaux, comme les TSA ou la Déficience Intellectuelle (Goldsmith & Leblanc, 2004 ; Mechling, 2007). En effet, l'attirance accentuée des enfants TSA pour les supports numériques, tels que les ordinateurs et les jeux vidéo, a été rapportée, et notamment, dans le cadre d'interventions thérapeutiques visant la communication sociale et les activités scolaires (Putnam & Chong, 2008). Ces technologies, conçues spécifiquement pour répondre

au fonctionnement particulier des enfants avec TSA, ont été utilisées aussi bien dans le cadre d'interventions de remédiation cognitive en environnement protégé que pour l'assistance en situation de vie quotidienne.

Les interventions d'Instruction Assistée par Ordinateur (ou Computer-Assisted Instruction)

Les interventions d'Instruction Assistée par Ordinateur (notées CAI dans cet article comme dans la littérature anglophone pour *Computer-Assisted Instruction*) sont généralement réservées aux environnements protégés. En effet, les CAI sont souvent implémentées sur des supports technologiques fixes, comme l'ordinateur. Classiquement, ces environnements offrent un travail de rééducation en-dehors des situations de vie quotidienne. Il existe un grand nombre de ces interventions, qui prennent souvent la forme d'un jeu sérieux (pour revue, Zakari & Simmons, 2014). Si potentiellement, elles peuvent cibler spécifiquement l'ensemble des troubles cognitifs associés aux TSA, des auteurs ont proposé de considérer 4 catégories de domaines d'application des CAI numériques : la communication, les aptitudes sociales, la reconnaissance des émotions, ainsi que les processus de Théorie de l'Esprit (Theory-of-Mind en anglais dont l'acronyme est ToM) (pour revue, Ploog, Scharf, Nelson, & Brooks, 2013).

Les compétences verbales

La grande majorité des interventions basées sur les technologies auprès d'élèves ou d'enfants d'âge pré-scolaire avec TSA cible, encore aujourd'hui, l'apprentissage des compétences verbales : lecture, écriture, compréhension, vocabulaire, *etc*. La rééducation des déficits dans l'expression et la réception du langage ainsi que de la lecture a été étudiée dès 1973, date à laquelle l'étude de Colby fait état pour la première fois de l'utilisation d'un ordinateur et d'un clavier pour développer l'acquisition du langage chez des enfants avec TSA (Colby, 1973). Depuis, de nombreux travaux ont été menés pour déterminer les effets de ces interventions basées sur ordinateur à destination d'enfants non-verbaux ou aux capacités communicationnelles très limitées. Millar, Light, et Schlosser (2006) présentent une revue de cette littérature couvrant la période de 1975 à 2003. Ils rapportent des améliorations dans la production langagière des enfants, même s'ils déplorent les faiblesses méthodologiques des études considérées (peu de participants et absence de groupe contrôle). Une autre revue, qui concernait l'alphabétisation d'enfants avec TSA non-verbaux au travers d'interventions numériques, va plus loin dans la critique en ne rapportant aucun résultat consistant quant à leur intérêt par rapport à des interventions classiques (Ramdoss et al., 2011). À ces critiques, des auteurs ajoutent la très grande hétérogénéité des participants ainsi que la variété des compétences entraînées dans les études actuellement disponibles (Alzrayer, Banda, & Koul, 2014). Dans ce contexte, nous choisissions de présenter ici les études offrant les meilleures qualités méthodologiques (nombre de participants ou groupe contrôle permettant de mesurer la valeur ajoutée de l'intervention CAI). À cet égard, les dernières études reposant sur des systèmes robotiques ne seront que très peu évoquées du fait de leurs faiblesses méthodologiques actuelles (Begum, Serna, & Yanco, 2016).

Dans une intervention comparant des instructions délivrées par ordinateur sous la forme de feedback visuels (un « speech-viewer ») avec des interactions traditionnelles, une augmentation significative de l'imitation vocale a été observée (Bernard-Opitz, Sriram, & Sapuan, 1999). Dans une intervention similaire qui utilisait un logiciel présentant un feedback visuel ou auditif d'un message, des enfants avec TSA à faible niveau de fonctionnement ont

pu améliorer leurs vocalisations spontanées (Hailpern, 2007). Cependant, ces deux études n'impliquaient que très peu de participants (respectivement, n=10 et n=3), rendant difficile la généralisation de ces résultats.

Très récemment, une étude associant un programme pédagogique avec une solution technologique (ABRACADABRA) a permis à 20 enfants avec TSA ayant suivi le programme pendant 13 semaines d'obtenir « des gains considérables » en comparaison au groupe témoin (Bailey, Arciuli, & Stancliffe, 2017). Bien que prometteuse, tant dans le programme utilisé que la méthode, cette étude présente également une grande hétérogénéité, tant au niveau de ses participants (âgés de 5 à 11 ans), que des capacités entrainées (alphabétiques, fluence et compréhension en lecture, écriture).
Dans la même veine, le programme TeachTown, conçu sur les principes de l'ABA (renforcement positif, séparation des tâches, *etc*., Rosenwasser & Axelrod, 2001), est un programme global présentant des tâches allant de l'expression/réception langagière à des tâches plus sociales (Whalen et al., 2010). Déployé auprès de 22 élèves avec TSA (comparés à 25 participants témoins) à raison de 20 minutes par jour pendant 3 mois, ce programme leur a permis de progresser significativement sur toutes les mesures du programme, et notamment dans les domaines du langage réceptif, la compréhension sociale, les habiletés de la vie quotidienne ainsi que les compétences académiques.

Un autre domaine dans les interventions CAI concerne les alternatives de communication via l'utilisation d'appareils couplant pictogrammes visuels et synthèse vocale (en anglais Speech-Generating Device, ou SGD). Les SGD les plus répandus auprès des enfants avec TSA repose sur un programme d'intervention appelé Picture Exchange Communicative System (PECS, Bondy & Frost, 1998). Il vise à établir des interactions par échange de pictogrammes physiques. Un SGD permettra de vocaliser l'objet desdits pictogrammes.
Particulièrement appréciées dans l'environnement scolaire, les SGD auprès des enfants avec TSA présentent de bons résultats dans la rééducation de la demande d'aide, la conversation et le commentaire, la réponse aux questions et la réduction de discours non-pertinents. De plus, les apprentissages semblent être maintenus dans le temps lorsqu'ils sont évalués (Van Der Meer & Rispoli, 2010). Néanmoins, ces dernières conclusions doivent être modérées à la lumière des récentes revue de la littérature concernant les SGD comme le PECS (Flippin, Reszka, & Watson, 2010 ; Ganz et al., 2012): les gains observés en communication sont faibles à modérés et ceux liés au discours sont faibles voire négatifs en classe. Il convient de rappeler ici que la notion de communication utilisée par les auteurs de ces deux études se limitait à la fréquence d'interaction ainsi que les requêtes, mettant ainsi de côté les domaines de la pragmatique, du lexique ou de la morphosyntaxe pour donner quelques exemples.
Par ailleurs, certains travaux plus marginaux identifient des domaines spécifiques. Pour exemple, on peut citer la revue de la littérature de Dzulkifli et al. (2016) sur les CAI ciblant spécifiquement l'apprentissage du vocabulaire et, qui révèle que ce type d'intervention CAI est efficace pour l'élargissement du répertoire lexical (Dzulkifli, Wahab, & Rahman, 2016).
D'autres travaux concernent l'ensemble des habilités scolaires : ils incluent les compétences verbales mais aussi les compétences dans le calcul et le raisonnement logique sans pour autant atteindre les standards méthodologiques d'efficacité (pour revue, Knight, McKissick & Saunders, 2013).

Les aptitudes sociales
Deux techniques principales sont couramment utilisées dans les CAI pour cibler les compétences sociales des enfants avec TSA, compétences qui incluent également les loisirs et les aptitudes à la vie quotidienne dans la classification de Ploog (Ploog et al., 2013). Ces CAI

se réalisent sur vidéos (technique du « Video-modeling ») ou dans des environnements de réalité virtuelle (technique de la « virtual simulation ») mais, ont en commun de reposer sur le renforcement des apprentissages par des mises en situation écologiques (Ploog et al., 2013).

La technique dite du « video-modeling » (pour présentation vidéo) met en scène un personnage, une personne ou l'enfant lui-même pour illustrer les comportements attendus dans des situations données. Elle consiste en une procédure d'apprentissage sans erreur en trois temps. Il est d'abord demandé à l'enfant de visionner une vidéo d'instruction sur une compétence donnée. Ensuite, la compétence est illustrée par un instructeur ou un pair dans le contexte de l'activité donnée, en explicitant les incitations et, en soulignant les stimuli pertinents. Enfin, l'enfant se met lui-même en situation afin de reproduire la compétence qui vient de lui être présentée (Bellini, Peters, Benner, & Hopf, 2007). L'enfant est ainsi instruit dans un apprentissage sans-erreur, toujours guidé vers une réalisation réussie de la tâche-problème. En 2010, la revue de la littérature sur l'efficacité de ces approches, la plupart conduites en environnement scolaire, fait état de résultats prometteurs pour la rééducation des compétences sociales et des compétences de jeu parmi les enfants avec TSA, tout en spécifiant les modalités les plus appropriées (Shukla-Mehta, Miller, & Callahan, 2009). Parmi elles, l'utilisation de renforçateurs et d'incitateurs en plus, du visionnage constituent un critère de réussite de l'efficacité de l'intervention. De même, il a été établi que les caractéristiques des enfants doivent être prises en compte au préalable, notamment leurs capacités d'imitation et de compréhension ainsi que les capacités attentionnelles afin d'adapter les vidéos, tant en termes de durée que de contenu.

Encore plus récemment, d'autres types d'approches pour la rééducation des compétences sociales des enfants avec TSA ont vu le jour : c'est le cas des tables interactives multi-contacts (i.e. l'interface permet des interactions simultanées à plusieurs endroits, voir Figure 1) (Giusti, Zancanaro, Gal, & Weiss, 2011). La coopération est encouragée au travers de tâches dans lesquelles les enfants doivent coordonner ensemble leurs actions sur l'interface pour réussir la tâche. Par exemple, un puzzle collaboratif permet aux pièces d'être déplacées uniquement lorsqu'elles sont touchées par deux enfants simultanément. Les protocoles d'évaluation de ces dispositifs établissaient par exemple des dyades d'enfants avec TSA et d'un pair neurotypique dans la classe (pour revue, Chen, 2012). Plus récemment, au travers de l'utilisation d'une table interactive, 14 enfants avec TSA ont pu améliorer significativement leurs interactions sociales positives et leurs jeux collaboratifs avec leurs pairs, pendant qu'ils réduisaient leurs réponses sociales négatives (Gal, Lamash, Bauminger-Zviely, Zancanaro, 2016). Les technologies tactiles dites multi-contacts offrent donc de nouvelles possibilités pour la prise en charge des aptitudes sociales des enfants avec TSA.



Figure 1. Enfants utilisant une technologie collaborative en classe spécialisée

Reprinted from "Dimensions of collaboration on a tabletop interface for children with autism spectrum disorder " by Giusti, L. Zancanaro, M., Gal, E., et al., 2011, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 18*, 591-617. Copyright 2011 by "Giusti, L.".

La reconnaissance des émotions

La reconnaissance des émotions a également fait l'objet d'interventions en environnement scolaire. Le logiciel « Emotion Trainer » (Silver & Oakes, 2001) a été utilisé par un groupe de 11 enfants avec TSA à travers 10 sessions d'une demi-heure réparties sur deux semaines. Si l'entraînement a permis de réduire les erreurs d'identification dans le groupe TSA, il a surtout permis des améliorations significatives de ce dernier dans les tâches d'identification des émotions sur photo, sur des images de dessin-animé ainsi qu'au travers d'histoires non-littérales (Histoires Étranges de Happé : l'enfant doit expliquer un énoncé abstrait qui vient de lui être énoncé – Happé 1994) (Silver & Oakes, 2001). Cependant, les auteurs n'ont pas évalué le transfert de ces apprentissages sur d'autres tâches, et notamment sur support dynamique tel que des vidéos, plus proches des situations réelles. Lacava et al. (2007) ont également rapporté les résultats d'une CAI ciblant les émotions simples (joie, peur, etc.), mais aussi plus complexes (inquiétude, calme, etc.), conduite auprès d'un groupe de 8 enfants avec TSA (Lacava, Golan, Baron-Cohen, & Myles, 2007). Après un entraînement de 10 semaines, les performances étaient significativement améliorées dans la reconnaissance des émotions sur photo mais également dans la voix.

Néanmoins, dans une revue de la littérature portant sur ce type d'intervention, Ramdoss et al. (2012) que, lorsque les interventions sont évaluées avec des mesures construites par les auteurs eux-mêmes, les résultats sont très concluants et, qu'à l'inverse, ils sont beaucoup plus modestes, voire même parfois inexistants, sur des échelles standardisées (Ramdoss et al., 2012), questionnant ainsi de la fiabilité des résultats liés à ce type d'intervention. De plus, ces études incluaient relativement peu de participants.

Si les supports statiques ont été largement utilisés pour l'entraînement à la reconnaissance des émotions faciales, il en va de même pour les supports dynamiques. En la matière, la série de DVD Transporters[1] a été largement reprise à travers les CAI auprès des enfants avec TSA avec des effets thérapeutiques concluants (Golan et al., 2010 ; Young et Posselt, 2012).

[1] La série DVD Transporters a été développée sur base de la théorie de la systémisation de l'empathie. Elle présente des animations de véhicules (dessins animés) sur lesquels sont

La démonstration de l'efficacité des CAI numériques ciblant la rééducation de l'identification des émotions auprès des enfants avec TSA semble donc en bonne voie même si des faiblesses méthodologiques doivent encore être résolues. Aussi, les logiciels présentant des exercices sur photos semblent les plus pertinents pour couvrir le spectre du fonctionnement intellectuel de ces enfants. En outre, les mêmes logiciels peuvent se révéler efficaces pour la rééducation d'autres processus impliqués dans les traitements émotionnels tels que ceux de ToM.

Les processus de ToM

En plus des entraînements à l'identification des émotions, Ramdoss et al. présentent également les résultats des entraînements à la prosodie et aux fausses croyances (Ramdoss et al., 2012). Si la plupart des résultats rapportés sont non- significatifs, certaines CAI ciblant la prosodie ont présenté des résultats positifs, avec des effets modérés (Lacava et al., 2007) à larges (Lacava, Rankin, Mahlios, Cook, & Simpson, 2010). Ces deux CAI reposaient sur l'utilisation du logiciel Mind Reading, développé au Centre de Recherche sur l'Autisme dirigé par Baron-Cohen, à l'Université de Cambridge.

Le logiciel Mind Reading (voir Figure 2) est un guide interactif des émotions et des états mentaux. Il peut être présenté comme une référence dans ce domaine, tant par la quantité de ses contenus et des exercices proposés que par sa validation expérimentale (Golan & Baron-Cohen, 2006). En effet, le logiciel contient une taxonomie de 412 émotions et états mentaux, groupés en 24 émotions, et réparties en 6 niveaux de développement. Une vidéo courte présente chaque groupe d'émotion, et chaque émotion est définie et présentée par 6 films de visages muets, 6 enregistrements vocaux, et 6 exemples écrits d'une histoire évoquant cette émotion. Cette base de données d'émotions est accessible à travers 3 applications : une bibliothèque, un centre d'apprentissage et une zone de jeu. L'utilisation de ce large éventail d'exercices liés aux processus de ToM a permis des améliorations de la performance de personnes avec TSA, et notamment chez des adultes dans la partie supérieure du spectre de fonctionnement cognitif (Ploog et al., 2013). Bien qu'ayant affiché des résultats prometteurs, l'efficacité de cette intervention reste à être validée auprès des enfants avec TSA.

De façon similaire, les sections 2, 3, 4 et 5 du logiciel présenté par Silver & Oakes (2001) ciblent d'autres processus de ToM que la seule identification des émotions. En effet, ces fonctionnalités impliquent des capacités de mentalisation des états mentaux d'autrui, que ce soit à travers des images de dessin-animé présentant des situations à forte connotation émotionnelle (i.e. une image de lapin associée à la phrase « le lapin de Carlos est mort. », section 2), des images de ce que voulait une personne et de ce qu'elle a effectivement reçu (i.e. une image de pizza et de hamburger accompagnée de la phrase « Carole veut une pizza mais reçoit un hamburger », section 3), ou bien une phrase décrivant les pensées d'une personne (i.e. « Kathy pensait que le jardin était hanté », section 4), ou encore d'une description de ce qu'une personne aime et n'aime pas, et d'un événement qui se produisait ou non (section 5). Dans chaque exercice, l'enfant devait identifier l'émotion ressentie par le (Silver & Oakes, 2001). Les auteurs ont rapporté des améliorations significatives dans les mesures associées aux sections 2 et 3, et ce, spécifiquement, pour le groupe TSA expérimental (N=22).

---

affichés des visages réels (vidéos) affichant différentes émotions au cours d'une histoire. Les mouvements des véhicules sont effectués sur la base de mouvements basés sur des règles (en anglais, rule-based motion), reproduisant les mêmes patterns.

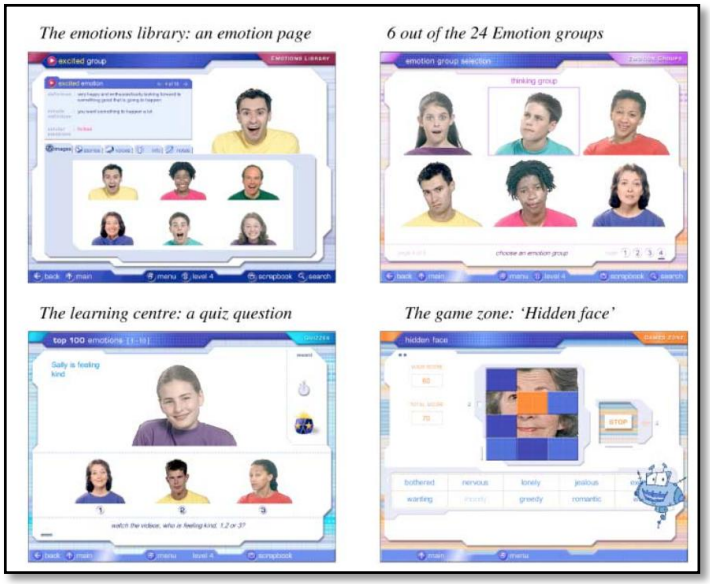


Figure 2. Logiciel Mind Reading permettant un entrainement à la reconnaissance des émotions et autres processus de ToM

Reprinted from "Systemizing empathy: Teaching adults with Asperger syndrome or high-functioning autism to recognize complex emotions using interactive multimedia" by Golan, O. and Baron-Cohen, S., 2006, *Development and Psychopathology, 18*, 591-617. Copyright 2006 by "Golan, O.".

Les CAI numériques affichent une efficacité relativement bien documentée auprès des enfants avec TSA. Les processus et compétences ciblés peuvent être rééduqués, et ces apprentissages sont parfois maintenus dans le temps. Cependant, ces études font également état d'une absence de transfert de ces apprentissages dans les situations écologiques ou sur des tâches non-entraînées mais impliquant les processus entraînés. En d'autres termes, ces interventions n'ont pas eu l'impact attendu en vie quotidienne des enfants. Plusieurs hypothèses peuvent être invoquées, dont deux principales non exclusives (Ploog et al., 2013, Ramdoss et al., 2012) : les bénéfices de l'entraînement s'ancrent plus dans la procéduralisation de l'aptitude à réaliser les tâches ToM entraînées que dans les processus de ToM eux-mêmes ou encore les mécanismes de généralisation ne sont pas suffisamment efficients chez les enfants avec TSA pour permettre le transfert en situations analogues. À ce titre, même si l'impact positif sur les capacités de régulation de ses propres activités a été établi auprès de 31 enfants et 9 adultes avec TSA de 3 à 36 ans avec ou sans déficience intellectuelle (Nézereau, et al., 2016), la solution Learnenjoy[2] offrant des bouquets (pré-scolaires et scolaires incluant des apprentissages de l'écriture, lecture, nombre, calcul, et catégorisation) et construits selon des standards cliniques de prise en charge cognitive et comportementale des TSA (Bourgueil, Regnault, & Moutier, 2015) pourrait offrir un éclairage sur l'efficacité écologique par une étude à grande échelle sur l'ensemble des académies françaises.

De là, apparaît un besoin d'assister les enfants avec TSA directement en situation, c'est-à-dire au moment même où ils réalisent la tâche. La large diffusion des supports technologiques mobiles a justement permis le développement d'interventions dédiées à l'assistance cognitive en situation de vie quotidienne. Pour notre propos, nous détaillerons essentiellement les assistances numériques en vie scolaire.

[2] https://learnenjoy.com/fr/index, solution financée par le Ministère de l'Education Nationale en France

L'assistance en vie quotidienne : des applications dans le milieu scolaire

Le nombre de solutions numériques ciblant l'assistance d'activités pour tout type de handicap a fortement augmenté sur les plateformes en ligne, comme l'Apple Store (système IOS) ou le Google Play Store (système Android) (Donker et al., 2013). La portabilité de ces solutions offre de nouvelles possibilités en termes d'assistance et d'évaluation des enfants en situation, reposant jusqu'alors sur la présence d'un aidant. Près de 300 applications pour les enfants avec TSA sont recensées sur ces plateformes en ligne. L'appétence de ces enfants pour ces supports mobiles interactifs a sans aucun doute participé à leur expansion (pour revue : Stephenson & Limbrick, 2015). Ce constat oblige un questionnement sur leur efficacité thérapeutique, raison pour laquelle la communauté scientifique s'en est saisie depuis ces dernières années.

L'assistance à la communication

Ces technologies se sont d'abord largement destinées aux enfants non-verbaux, qui devaient transporter avec eux des classeurs d'images pour pouvoir communiquer. Si les nouvelles technologies ont permis l'apparition de systèmes SGD (Speech Generative Devices), les supports mobiles offrent désormais la possibilité de les embarquer pour accompagner l'enfant dans sa vie quotidienne, mettant ainsi de côté l'encombrement et la stigmatisation qui accompagnent l'utilisation de supports papiers. Ces technologies sont désignées sous le terme d'interventions Alternative and Augmentative Communication (AAC) dans la littérature (e.g. Figure 3). Une revue des interventions de type AAC conclue que leur utilisation n'interfère pas dans la production du langage des enfants avec TSA, et peut même au contraire l'améliorer (Schlosser & Wendt, 2008). Cependant, les bénéfices de ces interventions apparaissent modestes comparés aux bénéfices affichés par les méthodes de prise en charge classiquement conduites dans les classes spécialisées. Dans le large panel des supports d'AAC disponibles, Son et al. (2006) ont comparé la préférence des participants entre deux supports différents : la version numérique du PECS et le Voice-Output Communication Aide (VOCA). Après entraînement et lorsque les deux systèmes étaient présentés aux participants, le premier a été préféré par deux enfants avec TSA, et le second par un autre enfant avec TSA (Son, Sigafoos, O'Reilly, & Lancioni, 2006). Les auteurs, laissant de côté l'impact thérapeutique de ces solutions, rapportent de faibles différences dans la prise en main de ces deux outils par les enfants. L'application iPad™ Proloquo2go est une implémentation numérique du PECS. Elle a permis à deux frères avec TSA non-verbaux de réaliser avec succès des demandes de poursuite d'une activité de jeu lorsqu'elle était interrompue. De plus, les auteurs rapportent une diminution des comportements anti-sociaux, ainsi qu'un transfert de cet apprentissage sur d'autres activités non-entrainées (Sigafoos et al., 2013).

Adaptées et pertinentes pour les enfants avec TSA, particulièrement les moins verbaux, les AAC ont été déployées dans les classes spécialisées. Chien et al. (2014) présentent une autre implémentation numérique du PECS (application iCAN), soulignant ses avantages par rapport à sa version papier. Les auteurs mettent notamment en avant une meilleure visualisation des contenus, la présence de voix digitales, la portabilité du support ainsi que la possibilité d'ajouter de nouvelles images directement à partir de l'appareil photo de la tablette (Chien et al., 2015). Déployée auprès de 11 élèves avec TSA et leurs équipes pédagogiques en classe spécialisée, l'application a permis une diminution de 70% du temps passé par les enseignants spécialisés et auxiliaires de vie scolaire pour préparer les supports, accompagnée d'une augmentation de la part des participants de leur volonté à s'engager dans un processus d'apprentissage et de communiquer avec leurs camarades. Ces données ont été récoltées au travers d'entretiens avec les familles (n=8) et les enseignants spécialisés (n=3), puis traitées de manière quantitative, sur la base de 13 questions proposées par les auteurs. Ainsi, ces

mesures ne représentent pas des métriques objectives qui peuvent rendre compte de l'efficacité d'une solution pour l'ensemble d'une population. On peut également citer une application similaire, appelée MyVoice, déployée en classe spécialisée auprès d'enfants présentant des pathologies diverses : difficultés d'apprentissage, déficiences intellectuelles, difficultés du langage, TSA, Trisomie 21, etc. Les auteurs rapportent un grand attrait et une motivation à l'utilisation de cette application, aussi bien par les élèves que par les enseignants spécialisés sans pour autant fournir la preuve empirique d'une amélioration des compétences communicationnelles des participants (Campigotto, McEwen, & Epp, 2013).

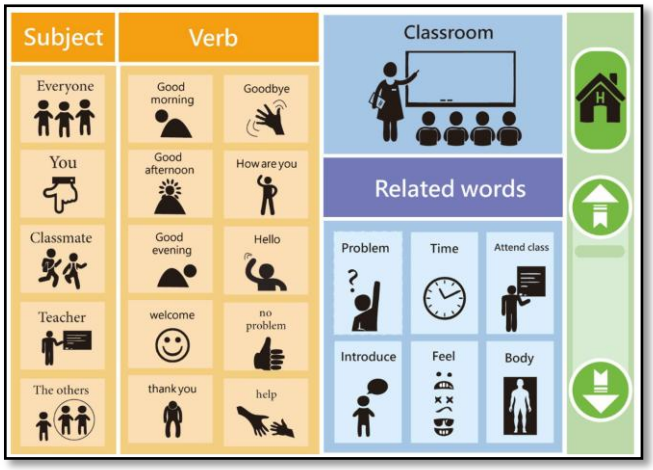


Figure 3 : Application d'aide à la communication de type CAA
Reprinted from "Speech-generating devices: effectiveness of interface design: a comparative study of autism spectrum disorders" by Chen, C. Wang, C., Le, I., et al., 2016, *SpringerPlus, 5*. Copyright 2016 by "Chen, C.".

Les programmes d'activités

Les outils les plus utilisés dans les structures spécialisées prenant en charge les enfants avec TSA sont les programmes d'activités (ou Activity Schedules en anglais). À la manière d'une recette de cuisine, ils décomposent les activités en séquences d'étapes décrites par une consigne écrite et illustrées par une image (Mcclannahan & Krantz, 2010). Ces dispositifs visuels ont été inclus dès les premières versions des CAI pour les enfants avec TSA, que ce soit dans l'ABA[3] (Rosenwasser & Axelrod, 2001), la méthode Lovaas[4] qui l'a implémentée pour la première fois (Lovaas, 1987) ou le programme TEACCH[5] (Mesibov, Shea, &

[3] Applied Behavior Analysis (ABA), ou analyse appliquée du comportement. Il s'agit d'une méthode systématique de prise en charge des TSA. Elle est basée sur l'utilisation systématique de renforçateurs, le focus sur un apprentissage à la fois, orientée principalement vers le langage.

[4] La méthode Lovaas, du nom de son concepteur, est une prise en charge intensive précoce centrée sur la réduction des comportements d'auto-stimulation et agressifs, le développement de l'imitation et du jeu ainsi que l'extension de l'intervention au domicile. La deuxième année d'intervention se focalise sur le développement du langage expressif et abstrait ainsi que sur le jeu avec les pairs. La troisième année est centrée sur l'apprentissage des compétences émotionnelles et pré-académiques.

[5] Treatment and Education of Autistic and Related Communication handicapped CHildren (TEACCH) est un programme de prise en charge dédié à l'environnement scolaire. Il repose sur une structuration forte des espaces d'apprentissage et du temps, par le biais de supports visuels papier, ainsi que sur une collaboration étroite entre équipes pédagogiques et familles.

Shoppler, 2004). Leur efficacité a d'ailleurs été démontrée au travers de nombreuses études, notamment en termes d'engagement et d'initiation sur les tâches ainsi que de diminution des comportements d'auto-mutilation (Koyama & Wang, 2011 ; Lequia, Machalicek, & Rispoli, 2012 ; Mcclannahan & Krantz, 1999). Pour les auteurs, bien que les études examinées rapportent une faible validité sociale (mesures non-standardisées, faisabilité et acceptabilité limitées), l'efficacité de ces supports réside dans la compensation des fonctions exécutives déficitaires associées aux TSA, ainsi qu'à la réduction de l'anxiété (i.e. nature invariante et explicite de l'interface, rendant ainsi la tâche, et donc l'environnement, prédictibles : (Hayes et al., 2010)). Cependant, les programmes d'activités présentent des limites lorsqu'ils prennent la forme de supports papiers (parfois des classeurs entiers). En effet, leur utilisation dans la vie quotidienne peut être stigmatisante pour l'enfant ; leur création et leur adaptation aux besoins uniques de chaque enfant prennent un temps non-négligeables pour les enseignants spécialisés et les auxiliaires de vie scolaire, sans laisser d'opportunité de suivre la progression de l'enfant dans la tâche (Hayes et al., 2010).

La numérisation des programmes d'activités sur des supports technologiques permet de briser ces barrières (pour revue : (Mechling, 2007 ; Ben-Avie, Newton, & Reichow, 2014). Par exemple, le système vSked, une application pour la création et la gestion de programmes d'activités à l'échelle d'une classe, a été conçu à partir d'entretiens (familles, enseignants, thérapeutes, enseignants spécialisés, neuroscientifiques) et d'observations directes dans 3 classes spécialisées américaines (Hirano et al., 2010). Une classe spécialisée prenant en charge 9 enfants avec TSA a été équipée du système vSked : chaque élève, comme l'enseignant spécialisé, était pourvu d'une tablette tactile, le tout complété par un écran affichant la progression de chaque élève dans son programme d'activités individualisé. Des résultats qualitatifs en termes de réduction de la charge de travail de l'équipe pédagogique ainsi que des améliorations de la communication et des interactions sociales entre les élèves ont été rapportés (Hirano et al., 2010).
D'autres interventions ont eu lieu dans l'environnement scolaire afin de soutenir les enfants à l'initiation et à la gestion des tâches. Cihak et al. ont assisté des enfants avec TSA dans l'initiation d'une tâche scolaire classique (e.g. écrire, lire, écouter, etc.) à l'aide d'un smartphone (Cihak, Wright, & Ayres, 2010). Pour autre exemple, on peut citer une application de gestion de tâche, implémentée sur smartphone, utilisée par 22 jeunes adultes avec TSA à l'université (Gentry, Wallace, Kvarfordt, & Lynch, 2010). A la fin des 8 semaines d'intervention, les participants présentaient une performance accrue dans la tâche, ainsi qu'une utilisation autonome de l'assistant. Enfin, plus récemment, l'application Classroom Schedule+, conçue spécifiquement pour soutenir l'inclusion scolaire des enfants avec TSA en classe ordinaire (voir Figure 4), comporte deux volets : l'un concernant les routines de classe, l'autre, les routines communicationnelles. Cette application a été déployée en classe ordinaire auprès de 5 enfants avec TSA et 5 avec déficience intellectuelle (plus 5 enfants avec TSA contrôles) durant 3 mois. Les auteurs rapportent une utilisation autonome de l'outil ainsi que des améliorations sur la réalisation des tâches soutenus au sein de la classe ordinaire (Fage, Consel, & Sauzéon, 2015).
Cette dernière application s'inscrivait en réalité dans un projet global, nommé Collège+, rassemblant à la fois des applications d'assistance *in situ* (programmes d'activité, régulation émotionnelle) et des applications de remédiation cognitive (jeux sérieux autour des compétences de ToM). Déployées pendant 3 mois auprès de 50 enfants en classe ordinaire et au domicile, ces applications ont permis des améliorations aussi bien sur le plan des

comportements (mesurés par des échelles standards – EQCA-VS[6], SRS[7]) que sur les processus cognitifs qui sous-tendent ces comportements (reconnaissance d'émotions, fluence émotionnelle, reconnaissance des visages, *etc.*) (Fage et al., 2016). Les auteurs rapportent que ces résultats prometteurs sont certainement liés à l'association d'applications d'assistance et de remédiation, utilisées de concert dans une intervention globale impliquant à la fois les équipes pédagogiques et les parents.

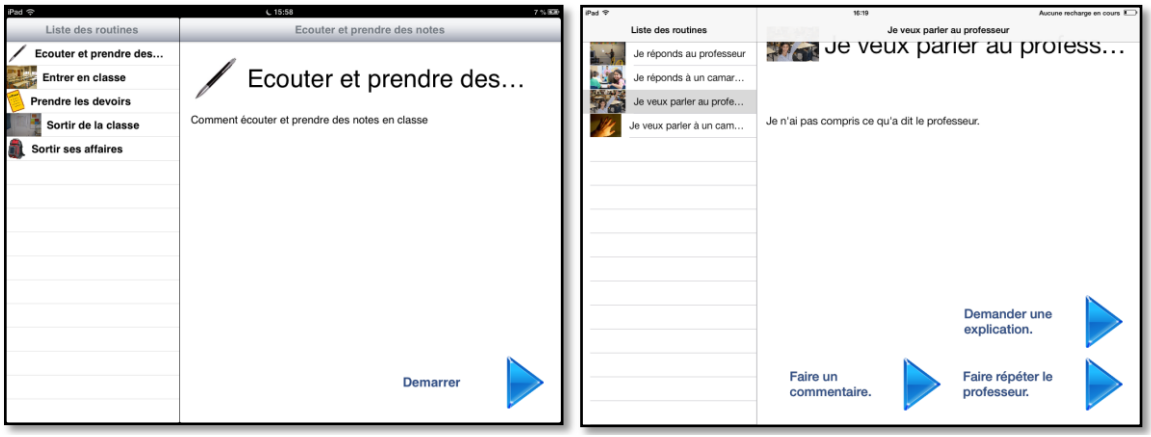


Figure 4 : Application Classroom Schedule+ déployée en classe ordinaire pour soutenir les routines et la communication en classe ordinaire
Reprinted from "Tablet-based activity schedule in mainstream environment for children with autism and children with ID" by Fage, C. Pommereau, L., Consel, C., et al., 2016, *ACM SIGACCESS Transactions in Accessible Computing, 8, 9*. Copyright 2016 by "Fage, C."

Interactions sociales

Dans la classe spécialisée, le potentiel des tablettes a également été étudié afin de promouvoir les interactions sociales des enfants avec TSA avec leurs camarades. Par exemple, Hourcade et al. proposent un ensemble d'applications à des enfants avec TSA dans un programme spécialisé après les horaires scolaires (Hourcade et al., 2013). Ces applications font travailler les enfants en collaboration vers un but commun, que ce soit dans la composition musicale ou bien la réalisation de puzzles. Dans une expérimentation comparant des interactions autour d'une tablette à des interactions autour d'activités similaires sur papier, les auteurs ont observé une augmentation des comportements pro-sociaux, accompagnés d'une augmentation des interactions verbales et des remarques d'encouragement. Une autre intervention en classe spécialisée a fait levier sur les fonctionnalités de multi-touch pour promouvoir les interactions sociales, mais cette fois sous la forme d'une table interactive. Le Collaborative Puzzle Game est une activité basée sur une table interactive qui comporte une règle d'interaction dite de la collaboration forcée : pour pouvoir être déplacée, une pièce doit être touchée et déplacée par deux joueurs simultanément. Dans une expérimentation impliquant 16 élèves avec TSA, les auteurs rapportent l'efficacité d'un tel dispositif dans le déclenchement de comportements associés à la coordination et à la négociation (Battocchi et al., 2010).

A la frontière entre classe spécialisée et environnement scolaire ordinaire, l'application MOSOCO cible elle aussi le soutien des interactions sociales en utilisant l'approche de la réalité augmentée (Escobedo et al., 2012). Au travers de cette application et après un entraînement préalable des compétences sociales pour les participants avec TSA, 3 enfants avec TSA et 9 enfants neuro-typiques ont pu pratiquer les interactions sociales durant les récréations, dans un espace séparé des autres enfants. Cette utilisation a donné lieu à une

[6] Échelle Québécoise des Comportements Adaptatifs - Version Scolaire (Morin & Maurice, 2001)

[7] Social Responsiveness Scale (Constantino, 2004)

augmentation du nombre d'interactions entre participants avec TSA et neurotypiques, de même qu'une augmentation du temps d'interaction et d'une réduction des erreurs. Cependant, bien que cette intervention ait été réalisée dans un environnement plus ordinaire que la classe spécialisée, l'utilisation de MOSOCO semble peu réalisable en environnement non-contrôlé. En effet, les interactions entre les utilisateurs supposent de braquer le smartphone vers la personne, interposant ainsi physiquement l'appareil entre les utilisateurs. De plus, seuls les détenteurs de l'application peuvent interagir ensemble, se repérant au moyen d'une fonctionnalité de celle-ci.

Apports des sciences du numériques et de l'ergonomie des interfaces

La revue de la littérature des interventions de type CAI auprès des enfants avec TSA, bien qu'abondante, affiche néanmoins certaines limites. Parmi celles-ci, les besoins en interfaces adaptées au fonctionnement atypique de cette population ainsi que les besoins en validation clinique des solutions apparaissent comme prioritaires à étudier. Au-delà de ces deux aspects, les technologies d'assistance en vie quotidienne sont toujours à développer, déployer et valider expérimentalement auprès des enfants avec TSA, afin d'objectiver le réel impact des CAI sur leur vie quotidienne. Afin de relever ces défis, différents champs de recherche sont à rapprocher pour tirer le maximum des standards scientifiques de chacun, tant sur le plan de la conception des interfaces que dans la validation expérimentale.

Conception de technologies adaptées pour les TSA

Le domaine des technologies d'assistance pour les TSA étant investigué depuis maintenant presque deux décennies dans le champ des sciences du numériques et de l'ergonomie des interfaces, des principes de conception robustes ont pu être identifiés pour assurer leur utilisabilité et leur efficacité. Aussi, et pour être au plus près des besoins de cette population, certains auteurs impliquent ces enfants directement dans le processus de conception de leur technologie.

Des interfaces adaptées au fonctionnement particulier des TSA

Les expérimentations menées sur l'utilisabilité des technologies par les enfants avec TSA rapportent plusieurs principes à partir desquels devraient être développées les interfaces. La recherche sur la conception de ces technologies recommande ainsi de la simplicité et de la prédictibilité dans les affichages, de même que des correspondances claires entre les actions de l'utilisateur et les réactions des interfaces (Hayes et al., 2010 ; Hourcade et al., 2013). Parce que les enfants avec TSA tendent à traiter les informations visuelles plus efficacement que les informations auditives, les technologies devraient privilégier les supports visuels (Hayes et al., 2010 ; Hirano et al., 2010 ; Hourcade et al., 2013). Afin de répondre aux besoins uniques des enfants avec TSA, ces technologies doivent être suffisamment flexibles, c'est-à-dire personnalisables et évolutives pour les accompagner dans leur développement (Hayes et al., 2010). De même, les stimuli distracteurs doivent être évités, compte tenu de la présence fréquente de troubles d'inhibition attentionnelle associés aux TSA (Fombonne, 2003). Enfin, les interfaces devraient permettre des interactions sans erreur afin de favoriser les apprentissages procéduraux (souvent préservés dans le TSA) et d'éviter la frustration : éviter les messages d'erreur, les réponses fausses, etc. (Hourcade et al., 2013). Fage et al. (2016)

présentent des principes de conception des interfaces ainsi que des contenus pour faciliter l'utilisation d'une application d'assistance en classe ordinaire pour des enfants avec TSA. Les auteurs rapportent une utilisation autonome de l'application par les participants avec TSA, ainsi que des améliorations comportementales sur le plan des routines de classe et communicationnelles à la fin de l'intervention (Fage et al., 2016).
Proposée dans la majorité des programmes de prise en charge spécialisés aux TSA (*e.g.* ABA, TEACCH, Lovaas), la littérature a également mis en évidence la pertinence de l'utilisation des récompenses dans les interventions auprès des enfants avec TSA (pour revue, Knight et al., 2013).

La conception participative
Afin d'intégrer au plus près des besoins particuliers des enfants avec TSA, la conception participative (Frauenberger, Good, Alcorn, & Pain, 2012) consiste à non seulement impliquer les experts TSA, mais aussi inclure directement les enfants avec TSA dans le processus de conception, dans une collaboration avec les développeurs des technologies. Bien que faire participer les enfants avec TSA représente un défi, compte tenu de leurs difficultés dans la communication sociale, cette approche crée des opportunités nouvelles, permettant par exemple, d'exploiter le potentiel créatif des enfants (Frauenberger et al., 2012). C'est le cas du projet IDEAS (pour Interface Design Experience for the Autistic Spectrum) qui adapte des techniques de conception classiques (i.e. story-boarding, brainstorming, etc.) aux enfants avec TSA en appliquant les principes du programme TEACCH (Benton, Johnson, Ashwin, Brosnan, & Grawemeyer, 2012). Par exemple, une frise chronologique (« timeline ») visuelle de la séance de conception est affichée afin de guider l'enfant à travers les différentes tâches de conception. Le projet de recherche HANDS (Helping Autism-Diagnosed to Navigate and Develop Socially) vise quant à lui le développement d'une application mobile d'assistance à la communication sociale. Pour ce faire, les auteurs ont mis en place des focus groups dans trois écoles pour faire participer à la fois les enfants, les enseignants et les membres des équipes pédagogiques pour exprimer ensemble leurs besoins (Devecchi, Mintz, & March, 2009). Un prototype de l'application leur était présenté afin qu'ils le manipulent et qu'ils discutent ensemble des modifications à apporter. Un autre projet (Reactive Colours) implique les enfants avec TSA dans le processus de conception d'une technologie ciblant le jeu (Keay-Bright, 2007). Ce processus permet d'enregistrer et d'inclure les réponses et réactions très spécifiques de ces enfants dans un processus évolutif de conception.
Enfin, le projet ECHOES implique également les enfants avec TSA dans la conception d'un environnement d'apprentissage numérique (Frauenberger, Good, & Keay-Bright, 2011). En revanche, ici les auteurs vont plus loin, et proposent un outil numérique pour favoriser la conception participative avec les enfants avec TSA. Ils présentent le prototype d'un outil d'annotations, lui-même conçu en collaboration avec 7 enfants avec TSA. Validant l'efficacité de l'annotateur visuel, les auteurs rapportent même que l'utilisation du prototype aurait permis une meilleure régulation émotionnelle.
Les approches participatives permettent de faire émerger les préférences et les expériences-utilisateurs des enfants avec TSA pour l'implémentation des interventions basées sur les technologies, et ce, même sur des principes bien établis dans la littérature (Spiel, Frauenberger, Hornecker, & Fitzpatrick, 2017) Récemment, des auteurs ont par exemple, investigué les types de récompenses les plus adaptées à leurs participants (Constantin, Johnson, Smith, Lengyel, & Brosnan et al., 2017), ainsi que la manière dont ces récompenses évoluent au cours du temps. Les auteurs rapportent que les participants préfèrent choisir leurs récompenses, et que certaines catégories de récompenses sont partagées par plusieurs participants.

La dimension de l'utilisabilité

Les critères de l'EBP et autres dispositifs rappelés précédemment couvrent l'ensemble des aspects cliniques. Néanmoins, comme les CAI reposent sur l'utilisation d'une technologie, ils peuvent être complétés par l'évaluation de l'utilisabilité de la solution. Cette dimension est particulièrement investiguée dans le domaine de l'Interaction Homme-Machine (IHM). On distingue généralement 3 aspects dans l'utilisabilité : *l'efficacité* (la capacité de l'utilisateur de réaliser la tâche attendue avec la technologie), *l'efficience* (la réalisation de la tâche en un minimum de temps et de ressources grâce à la technologie) et la *satisfaction* (propension à l'utilisation et confort). Des questionnaires spécifiques ont été développés pour l'évaluation de ces aspects (System Usability Scale – SUS, Brooke 1996 ; Québec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology – QUEST, Demers, Weiss-Lambrou, & Ska, 1996 ; Usefulness Satisfaction and Ease of use – USE, Lund 2001). Ces questionnaires peuvent être complétés par des heuristiques pour évaluer l'utilisabilité d'une solution, et particulièrement pour les appareils mobiles de type tablette (e.g. Inostroza, Rusu, & Roncagliolo, 2013). Bien que tous ces outils soient disponibles, les études portant sur l'efficacité thérapeutique n'en tiennent pas compte pour évaluer l'impact des CAI. Pourtant, une récente étude signale les besoins hétérogènes du public TSA en termes d'accessibilité et d'utilisabilité des interfaces, et notamment en ce qui concerne le spectre autistique (Mejía-Figueroa, Cisnero, & Juárez-Ramírez, 2016). Il est évident que l'interface d'une solution numérique peut contaminer ou au contraire optimiser les effets thérapeutiques d'une CAI. La prise en compte de ces dimensions ergonomiques des interfaces pourrait aussi permettre de lever des barrières, et notamment chez les enseignants pas toujours technophiles, pour la diffusion, l'adoption et l'évaluation des technologies d'assistance en classe ordinaire (e.g. Fage et al., 2015).

Limites des travaux actuels

Des protocoles expérimentaux à renforcer : Les enjeux méthodologiques ont été pointés du doigt depuis quelques années dans les interventions basées sur les technologies auprès des enfants avec TSA (Ploog et al., 2013, Ramdoss et al., 2011a, 2011b, 2012, Grossard & Grynszpan, 2015 ; Begum et al., 2016). En effet, certaines interventions, et particulièrement celles implémentées dans le cabinet du thérapeute ont pu bénéficier d'une validation clinique robuste (*e.g.* Golan et al., 2006). En revanche, d'autres interventions, plutôt basées sur des technologies mobiles ou robotiques, affichent des validations expérimentales limitées (*e.g.* Hourcade et al., 2013, pour revue Gryspan et al., 2014 ; Begum et al., 2016). Si cet écart peut s'expliquer par des contraintes fortes du terrain, il reste également lié à une méconnaissance de l'ensemble des standards des différents champs de recherche en jeu. Combiner ces standards permettrait de renforcer significativement la qualité des protocoles expérimentaux tant sur la preuve clinique que sur celle relative à l'inspection ergonomique du système utilisé pour la CAI.

Les critères d'évaluation des interventions cliniques

La référence absolue en terme de validation clinique d'une intervention est évidemment l'étude de groupe randomisée (ou RCT pour Randomized Control Trial en anglais). Cependant, sur le terrain, il est souvent très difficile de rassembler un minimum de 40 participants, de constituer des groupes homogènes, *etc*. Les études de type CAI visent plutôt à valider un intérêt clinique, se tournant ainsi vers le champ des EBP (Evidence-Based Practice), c'est-à-dire des constats empiriques positifs.

La revue de Knight et al. (2013) propose une classification des études CAI auprès des enfants avec TSA en fonction de critères méthodologiques stricts : il s'agit d'une part des critères d'Horner pour les études à sujet unique, complétés par les 20 indicateurs de qualité développés par le National Secondary Transition Technical Assistance Center (NSTTAC) ; et d'autre part Gersten pour les études de groupe. Ces critères couvrent les différents aspects du protocole : description et processus de sélection des participants, choix et réplicabilité des mesures, importance sociale de la variable dépendante, *etc*.
Les auteurs rappellent que pour qu'une intervention atteigne la certification d'Evidence-Based Practice (EBP), elle doit présenter non-seulement une validation expérimentale publiée sur ces critères, mais doit en réalité présenter plusieurs études impliquant au minimum 3 chercheurs, 20 participants et 3 sites géographiques différents (Knight et al., 2013). Sur les 25 études répertoriées dans cette revue des CAI auprès des enfants avec TSA, seulement 4 études à sujet unique présentaient une validation « modérée » en terme d'EBP ; aucune étude de groupe n'a rempli les critères EBP.
Très récemment, la revue de Root et al. (2017) approfondit cette classification (Root, Stevenson, Ley, Geddes-hall, & Test, 2017). Désormais, les 29 études publiées entre 1995 et 2015 permettent de statuer de la pertinence des CAI auprès des enfants avec TSA sur les critères EBP. Ce résultat indique une nette progression dans la rigueur de validation de ces interventions ces dernières années. Cependant, sur les 12 études identifiées comme adéquates en termes de protocole expérimental, 8 étaient conduites en classe spécialisée, dont seulement une présentant des mesures de généralisation en classe ordinaire (Root et al., 2017). Les efforts sont donc à poursuivre afin de développer et de valider les solutions d'accompagnement dans ces environnements de vie quotidienne, et notamment la classe ordinaire.
Afin d'accompagner ces changements, et pour garantir l'impact des interventions, des CAI ont inclus des mesures de fidélité d'implémentation. C'est le cas de Bailey et al. (2017), qui proposent par exemple des séances préliminaires de formation au programme utilisé pour promouvoir la lecture et l'écriture sur base des manuels fournis par les auteurs. L'ensemble des progrès des participants dans le protocole est documenté, de même que les compétences acquises en lien avec le cœur du programme (Bailey et al., 2017). L'ensemble de ces éléments constitue des mesures de fidélité, qui doivent être généralisées à l'ensemble des CAI pour garantir les résultats affichés. Enfin, d'autres auteurs proposent des guides d'implémentation de ces interventions pour en tirer les plus grands bénéfices au sein de la classe (Hawkins, Collins, Hernan, & Flowers, 2017). Ces critères et dispositions renforcent les preuves de la pertinence des prises en charge documentées.

Introduction d'une technologie comme levier d'inclusion en classe ordinaire

De nombreuses interventions basées sur les technologies mobiles ont été conduites dans le milieu scolaire. Que ce soit pour la conception (Hirano et al., 2010), pour la conduite de l'intervention (Devecchi et al., 2009) ou pour l'évaluation de l'efficacité de la technologie (Hourcade et al., 2013), ces interventions ont toutes en commun de mettre l'enseignant spécialisé au centre du projet. D'ailleurs, dans leur intervention basée sur un smartphone pour faciliter la communication et les interactions sociales, De Leo et al. (2008) mentionnent avoir utilisé l'enseignant spécialisé comme un relai pour leur intervention au sein de la classe spécialisée (De Leo & Leroy, 2008).
Cependant, ces interventions concernent toujours et uniquement les classes spécialisées, qui représentent des dispositifs à petits effectifs de classe (10 à 12, puis 12 à 15 en France), avec un enseignant spécialisé parfois formé aux prises en charge adaptées ainsi que sur un

auxiliaire de vie scolaire. Même si elles comportent des difficultés, les interventions basées sur des outils technologiques peuvent ainsi être mises en place, souvent à l'échelle de la classe (Hirano et al., 2010 ; pour revue : Boser et al., 2014). Pour un autre exemple, on peut citer le système CareLog, un dispositif d'enregistrement vidéo avec annotations qui permet aux enseignants de revenir *a posteriori* sur une situation problème afin d'en comprendre les causes[8] (Hayes, Gardere, & Abowd, 2008). Les vecteurs de leur succès ont été documentés au travers d'entretiens, de questionnaires et d'observations directes : collaboration famille/équipe pédagogique, crédibilité et robustesse de l'application, motivation des élèves, etc. (Mintz et al., 2012). Si ces données étaient de nature qualitative, elles ont néanmoins été traitées avec les tests statistiques appropriés aux données non-paramétriques.

En revanche, les interventions de soutien cognitif avec des supports technologiques mobiles représentent un tout autre défi lorsqu'elles ciblent la classe ordinaire. Au contraire des environnements spécialisés, les enseignants des classes ordinaires ne sont pas formés aux TSA et à leur prise en charge. En résulte une forte limitation à leur diffusion dans la classe ordinaire. Pourtant, la généralisation des technologies pour le handicap cognitif augmente drastiquement le nombre d'outils disponibles et, mécaniquement, le besoin en formation des personnes qui prennent en charge ces enfants (Ayres et al., 2013). Etmer et al. proposent de se reposer sur l'enseignant, premier acteur de l'inclusion scolaire des enfants avec TSA en classe ordinaire, et de l'accompagner dans un changement de pédagogie pour y inclure les nouvelles technologies mobiles (Ertmer, 2005). Malheureusement, à notre connaissance, les études expérimentales contrôlées évaluant l'efficacité des interventions basées sur ces technologies mobiles sont manquantes pour statuer sur leur efficacité thérapeutique (pour revue, Stephenson & Limbrick, 2013).

Conclusion

Les interventions basées sur les nouvelles technologies se sont beaucoup développées pour la prise en charge des enfants avec TSA, et notamment en environnement scolaire. Les compétences de littératie ont été les plus largement investiguées, dans un but de remédiation. En revanche, les interventions ciblant d'autres domaines de compétences « académiques » (e.g. mathématiques) sont largement moins représentées, voire méthodologiquement peu étayées. De plus, les interventions numériques pour les enfants avec TSA concernent majoritairement la remédiation des troubles en environnement protégé plutôt que l'assistance en vie quotidienne. Si les environnements protégés dans lesquelles les premières sont conduites facilitent les expérimentations, l'absence d'étude validant les technologies mobiles d'assistance en classe ordinaire limite grandement leur prescription par les professionnels, et *a fortiori* leur adoption par le corps enseignant, spécialisé ou non. En résulte un impact limité de ces technologies pour augmenter la participation sociale de ces enfants avec leurs pairs neuro-typiques.

Si ces interventions offrent de nouvelles possibilités, elles comportent également des limitations d'ordre méthodologique qui doivent être comblées. Elles impliquent aujourd'hui des nombres restreints de participants TSA (généralement inférieur à 10) aux caractéristiques très variables (QI, capacités langagières, ToM, *etc.*). Aussi, du fait du faible nombre de

[8] Le dispositif CareLog a été conçu pour assister les aidants dans leur prise en charge particulière : le Functional Behavior Assessment (FBA). Souvent conduit en classe spécialisée, le FBA s'attache à comprendre les causes (biologiques, sociales, affectives et/ou environnementales) de réponses comportementales inappropriées afin de les prévenir.

participants, les mesures employées sont souvent de nature qualitative plutôt que quantitative, rendant la fiabilité des résultats incertaine.
Introduire des technologies dans la vie quotidienne des enfants avec TSA, et notamment en classe ordinaire, représente à la fois une formidable opportunité d'action et un immense défi (Shic & Goodwin, 2015). Pour le relever, les solutions sont à puiser dans les différents champs de recherche (clinique, ergonomique et numérique) pour tirer le meilleur parti des standards scientifiques de chacun. Par exemple, Odom (2015) propose un cadre de travail conceptuel pour le développement des CAI rapprochant les connaissances en ergonomie, sciences cognitives et technologie.

Bibliographie

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

American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders 5th version DSM-5. *Arlington: American Psychiatric Publishing*.

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

Bailey, B., Arciuli, J., & Stancliffe, R. J. (2017). Effects of ABRACADABRA Literacy Instruction on Children With Autism Spectrum Disorder. *Journal of Educational Psychology*, *109*(2), 257–268.

Battocchi, A., Ben-Sasson, A., Esposito, G., Gal, E., Pianesi, F., Tomasini, D., … Zancanaro, M. (2010). Collaborative puzzle game: a tabletop interface for fostering collaborative skills in children with autism spectrum disorders. *Journal of Assistive Technologies*, *4*(1), 4–13.

Begum, M., Serna, R. W., & Yanco, H. A. (2016). Are Robots Ready to Deliver Autism Interventions? A Comprehensive Review. *International Journal of Social Robotics*, *8*(2).

Bellini, S., Peters, J. K., Benner, L., & Hopf, A. (2007). A meta-analysis of school-based social skills interventions for children with autism spectrum disorders. *Remedial and Special Education*, *28*(3), 153–162.

Ben-Avie, M., Newton, D., & Reichow, B. (2014). Using Handheld Applications to Improve the Transitions of Students with Autism Spectrum Disorders. In *Innovative Technologies to Benefit Children on the Autism Spectrum* (pp. 105–124). IGI Global.

Benton, L., Johnson, H., Ashwin, E., Brosnan, M., & Grawemeyer, B. (2012). Developing IDEAS: Supporting children with autism within a participatory design team. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 2599–2608). ACM.

Bernard-Opitz, V., Sriram, N., & Sapuan, S. (1999). Enhancing vocal imitations in children with autism using the IBM speech viewer. *Autism*, *3*(2), 131-147.

Bondy, A. S., & Frost, L. A. (1998). The picture exchange communication system. *Seminars in Speech and Language*, 19(4), 373-388 ; quiz 389 ; 424. doi:10.1055/s–2008–1064055

Boser, Katharina I; Googwin Matthey S.; Wayland, S. C. (2014). *Technology Tools for Students with Autism Innovations that Enhance Independence and Learning*. (S. C. Boser, Katharina I; Googwin Matthey S.; Wayland, Ed.). Paul Brookes Publishing Co.

Bourgueil, O., Regnault, G., Ourgueil, O. B., & Egnault, G. R. (2017). Création d ' outils numériques pour personnes avec Trouble du spectre de l ' autisme : de la recherche à la pratique, et vice versa. *Enfance*, *2015*(1), 111–126. https://doi.org/10.4074/S001375451500107X

Brooke, J. (1996). System Utilisability Scale- A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, *189*(194), 1–8.

Campigotto, R., McEwen, R., & Epp, C. D. (2013). Especially social: Exploring the use of an iOS application in special needs classrooms. *Computers & Education*, *60*(1), 74–86.

Chen, C.-H., Wang, C.-P., Lee, I.-J., & Su, C. C.-C. (2016). Speech-generating devices: effectiveness of interface design—a comparative study of autism spectrum disorders. *SpringerPlus*, *5*(1682). https://doi.org/10.1186/s40064-016-3181-6

Chen, W. (2012). Multitouch tabletop technology for people with autism spectrum disorder: A review of the literature. *Procedia Computer Science*, *14*, 198–207.

Chien, M.-E., Jheng, C.-M., Lin, N.-M., Tang, H.-H., Taele, P., Tseng, W.-S., & Chen, M. Y. (2015). iCAN: A tablet-based pedagogical system for improving communication skills of children with autism. *International Journal of Human-Computer Studies*, *73*, 79–90.

Cihak, D. F., Wright, R., & Ayres, K. M. (2010). Use of self-modeling static-picture prompts via a handheld computer to facilitate self-monitoring in the general education classroom. *Education and Training in Developmental Disabilities*, *45*(1), 136.

Colby, K. M. (1973). The rationale for computer-based treatment of language difficulties in nonspeaking autistic children. *Journal of Autism and Childhood Schizophrenia*, *3*(3), 254–260.

Constantin, A., Johnson, H., Smith, E., Lengyel, D., & Brosnan, M. (2017). Computers in Human Behavior Designing computer-based rewards with and for children with Autism Spectrum Disorder and / or Intellectual Disability. *Computers in Human Behavior*, *75*, 404–414. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.05.030

De Leo, Gianluca; Leroy, G. (2008). Smartphones to Facilitate Communication and Improve Social Skills of Children with Severe Autism Spectrum Disorder : Special Education Teachers as Proxies. In *Proceedings of the 7th international conference on Interaction design and children* (pp. 45–48).

Demers, L., Weiss-lambrou, R., & Ska, B. (2002). The Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2 . 0): An overview and recent progress. *Technology and Disability*, *14*(3), 101–105.

Devecchi, C., Mintz, J., & March, C. (2009). Supporting user participation in developing mobile technology to help young people with autism: the HANDS smartphone project. *International Conference on Information Communication Technologies in Education ICICTE*.

Donker, T., Petrie, K., Proudfoot, J., Clarke, J., Birch, M.-R., & Christensen, H. (2013). Smartphones for smarter delivery of mental health programs: a systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, *15*(11), e247.

Dzulkifli, M. A., Wahab, A., & Rahman, A. (2016). A Review for Future Research and Practice in Using Computer Assisted Instruction on Vocabulary Learning Among Children with Autism Spectrum Disorder. In *Information and Communication Technology for The Muslim World (ICT4M)* (pp. 47–52). https://doi.org/10.1109/ICT4M.2016.21

Ertmer, P. A. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration? *Educational Technology Research and Development*, *53*(4), 25–39.

Escobedo, L., Nguyen, D. H., Boyd, L., Hirano, S. H., Rangel, A., García-rosas, D., … Hayes, G. R. (2012). MOSOCO: A Mobile Assistive Tool to Support Children with Autism Practicing Social Skills in Real-Life Situations. *Proc. of CHI'12*.

Fage, C., Consel, C., & Sauzéon, H. (2015). Application Mobile d'Aide à la Conduite d'Activités pour l'Inclusion en Classe Ordinaire des Collégiens avec Troubles du Spectre Autistique. *Rééducation Orthophonique*.

Fage, C., Moullet, P., Consel, C., Sauzéon, H. (2017). School inclusion of children with special needs in France. In J. R. Whemeyer, Michael L.; Patton (Ed.), *The Praeger International Handbook of Special Education*. ABC-CLIO.

Fage, C., Pommereau, L., Consel, C., Balland, É., & Sauzéon, H. (2016). Tablet-based activity schedule in mainstream environment for children with autism and children with ID. *ACM SIGACCESS Transactions in Accessibility and Computing*, *8*(3), 9.

Flippin, M., Reszka, S., & Watson, L. R. (2010). Effectiveness of the Picture Exchange Communication System (PECS) on communication and speech for children with autism spectrum disorders: A meta-analysis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *19*(2), 178–195.

Fombonne, E. (2003). Epidemiological surveys of autism and other pervasive developmental disorders: an update. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *33*(4), 365–382.

Frauenberger, C., Good, J., Alcorn, A., & Pain, H. (2012). Supporting the design contributions of children with autism spectrum conditions. *Proceedings of the 11th*

International Conference on Interaction Design and Children - IDC '12, 134. https://doi.org/10.1145/2307096.2307112

Frauenberger, C., Good, J., & Keay-Bright, W. (2011). Designing technology for children with special needs: bridging perspectives through participatory design. *CoDesign*, *7*(1), 1–28.

Gal, E., Lamash, L., Bauminger-Zviely, N., Zancanaro, M., & Weiss, P. L. (2016). Using Multitouch Collaboration Technology to Enhance Social Interaction of Children with High-Functioning Autism. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, *36*(1), 46–58.

Ganz, J. B., Earles-Vollrath, T. L., Heath, A. K., Parker, R. I., Rispoli, M. J., & Duran, J. B. (2012). A meta-analysis of single case research studies on aided augmentative and alternative communication systems with individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(1), 60–74.

Gentry, T., Wallace, J., Kvarfordt, C., & Lynch, K. B. (2010). Personal digital assistants as cognitive aids for high school students with autism: Results of a community-based trial. *Journal of Vocational Rehabilitation*, *32*, 101–107. https://doi.org/10.3233/JVR-2010-0499

Giusti, L., Zancanaro, M., Gal, E., & Weiss, P. L. T. (2011). Dimensions of collaboration on a tabletop interface for children with autism spectrum disorder. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 3295–3304).

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.

Golan, O., & Baron-Cohen, S. (2006). Systemizing empathy: Teaching adults with Asperger syndrome or high-functioning autism to recognize complex emotions using interactive multimedia. *Development and Psychopathology*, *18*(2), 591–617.

Goldsmith, T. R., & LeBlanc, L. A. (2004). Use of technology in interventions for children with autism. *Journal of Early and Intensive Behavior Intervention*, *1*(2), 166.

Goldstein, H. (2002). Communication intervention for children with autism: A review of treatment efficacy. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *32*(5), 373–396.

Grossard, C., & Grynszpan, O. (2015). Entraînement des compétences assistées par les technologies numériques dans l'autisme : une revue. *Enfance*, *2015*(01), 67-85.

Grynszpan, O., Weiss, P. L. T., Perez-diaz, F., Gal, E., & 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

Hailpern, J. (2007). Encouraging speech and vocalization in children with autistic spectrum disorder. *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, (89), 47–52.

Hawkins, R. O., Collins, T., Hernan, C., & Flowers, E. (2017). Using Computer-Assisted Instruction to Build Math Fact Fluency: An Implementation Guide. *Intervention in School and Clinic*, *52*(3), 141–147. https://doi.org/10.1177/1053451216644827

Hayes, G. R., Gardere, L. M., & Abowd, G. D. (2008). CareLog: A Selective Archiving Tool for Behavior Management in Schools. *Proc. of CHI 2008*, 685–694.

Hayes, G. R., Hirano, S., Marcu, G., Monibi, M., Nguyen, D. H., & Yeganyan, M. (2010). Interactive visual supports for children with autism. *Personal and Ubiquitous Computing*, *14*(7), 663–680. https://doi.org/10.1007/s00779-010-0294-8

Hirano, S. H., Yeganyan, M. T., Marcu, G., Nguyen, D. H., Boyd, L. A., & Hayes, G. R. (2010). vSked: evaluation of a system to support classroom activities for children with autism. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1633–1642). ACM.

Hourcade, J. P., Williams, S. R., Miller, E. a., Huebner, K. E., & Liang, L. J. (2013). Evaluation of tablet apps to encourage social interaction in children with autism spectrum disorders. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '13*, 3197. https://doi.org/10.1145/2470654.2466438

Inostroza, R., Rusu, C., & Roncagliolo, S. (2013). Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices: Update. In *Proceedings of the 2013 Chilean Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 24–29).

Iovannone, R., Dunlap, G., Huber, H., & Kincaid, D. (2003). Effective educational practices for students with autism spectrum disorders. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, *18*(3), 150–165.

Keay-Bright, W. (2007). The reactive colours project: demonstrating participatory and collaborative design methods for the creation of software for autistic children. *Design, Principles and Practices: An International Journal*, *1*(2).

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

Koyama, T., & Wang, H.-T. (2011). Use of activity schedule to promote independent performance of individuals with autism and other intellectual disabilities: A review. *Research in Developmental Disabilities*, *32*(6), 2235–2242.

Lacava, P. G., Golan, O., Baron-Cohen, S., & Myles, B. S. (2007). Using assistive technology to teach emotion recognition to students with asperger syndrome a pilot study. *Remedial and Special Education*, *28*(3), 174–181.

Lacava, P. G., Rankin, A., Mahlios, E., Cook, K., & Simpson, R. L. (2010). A single case design evaluation of a software and tutor intervention addressing emotion recognition and social interaction in four boys with ASD. *Autism*.

Lequia, J., Machalicek, W., & Rispoli, M. J. (2012). Effects of activity schedules on challenging behavior exhibited in children with autism spectrum disorders: A systematic review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *6*(1), 480–492.

Lovaas, O. I. (1987). Behavioral treatment and normal educational and intellectual functioning in young autistic children. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *55*(1), 3.

Lund, A. M. (2011). Measuring Usability with the USE Questionnaire. *STC Usability SIG Newsletter*, *8*(2).

McClannahan, L. E., & Krantz, P. J. (1999). *Activity Schedules For Children With Autism: Teaching Independent Behavior*. Woodbine House.

Mechling, L. C. (2007). Assistive technology as a self-management tool for prompting students with intellectual disabilities to initiate and complete daily tasks: A literature review. *Education and Training in Developmental Disabilities*, *42*(3), 252–269.

Mejía-figueroa, A., Ángeles, M. D. L., Cisnero, Q., & Juárez-ramírez, J. R. (2016). Developing Usable Software Applications for Users with Autism: User Analisys , User Interface Design Patterns and Interface Components. In *Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT), 2016 4th International Conference, IEEE* (pp. 196–204). https://doi.org/10.1109/CONISOFT.2016.36

Mesibov, G. B., Shea, V., & Schopler, E. (2004). *The TEACCH approach to autism spectrum disorders*. Springer Science & Business Media.

Millar, D. C., Light, J. C., & Schlosser, R. W. (2006). The impact of augmentative and alternative communication intervention on the speech production of individuals with developmental disabilities: A research review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *49*(2), 248–264.

Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement S. et de la R. (2016). *Système d'information Scolarité et enquête n°16*. Retrieved from http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/67/4/depp_rers_2015_systeme_educatif_454674.pdf

Mintz, J., Branch, C., March, C., & Lerman, S. (2012). Key factors mediating the use of a mobile technology tool designed to develop social and life skills in children with Autistic Spectrum Disorders. *Computers & Education*, *58*(1), 53–62.

Nézereau, C., Vaillant, E., De, C., Bourgueil, O., Regnault, G., Wolff, M., … Gattegno, M. P. (2016). Evolution de la régulation et de la résistance au changement d ' enfants et d ' adultes avec Trouble du Spectre de l ' Autisme (TSA) : contribution des applications numériques « LearnEnjoy » dans le cadre d' un programme d ' intervention développementale. In *Ergo'IA 2016 Conference Proceedings*.

Odom, S. L., Thompson, J. L., Hedges, S., Szidon, K. L., Smith, L. E., & Bord, A. (2015). Technology-Aided Interventions and Instruction for Adolescents with Autism Spectrum

Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 3805–3819. https://doi.org/10.1007/s10803-014-2320-6

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.

Putnam, C., & Chong, L. (2008). Software and technologies designed for people with autism: what do users want? In *Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (pp. 3–10).

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.

Ramdoss, S., Machalicek, W., Rispoli, M., Mulloy, A., Lang, R., & O'Reilly, M. (2012). Computer-based interventions to improve social and emotional skills in individuals with autism spectrum disorders: A systematic review. *Developmental Neurorehabilitation*, *15*(2), 119–135.

Root, J. R., Stevenson, B. S., Ley, L., Geddes-hall, J., & Test, D. W. (2017). Establishing Computer-Assisted Instruction to Teach Academics to Students with Autism as an Evidence-Based Practice. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *47*(2), 275–284. https://doi.org/10.1007/s10803-016-2947-6

Rosenwasser, B., & Axelrod, S. (2001). The Contributions of Applied Behavior Analysis to the Education of people with autism. *Behavior Modification*, *25*(5), 671–677.

Schlosser, R. W., & Wendt, O. (2008). Effects of augmentative and alternative communication intervention on speech production in children with autism: A systematic review. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *17*(3), 212–230.

Shic, F., Goodwin, M., & Goodwin, M. (2015). Introduction to Technologies in the Daily Lives of Individuals with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(12), 3773–3776. https://doi.org/10.1007/s10803-015-2640-1

Shukla-Mehta, S., Miller, T., & Callahan, K. J. (2009). Evaluating the effectiveness of video instruction on social and communication skills training for children with autism spectrum disorders: A review of the literature. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*.

Sigafoos, J., Lancioni, G. E., O'Reilly, M. F., Achmadi, D., Stevens, M., Roche, L., … others. (2013). Teaching two boys with autism spectrum disorders to request the continuation of toy play using an iPad®-based speech-generating device. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *7*(8), 923–930.

Silver, M., & Oakes, P. (2001). Evaluation of a new computer intervention to teach people with autism or Asperger syndrome to recognize and predict emotions in others. *Autism*, *5*(3), 299–316.

Son, S.-H., Sigafoos, J., O'Reilly, M., & Lancioni, G. E. (2006). Comparing two types of augmentative and alternative communication systems for children with autism. *Pediatric Rehabilitation*, *9*(4), 389–395.

Spiel, K., Frauenberger, C., Hornecker, E., & Fitzpatrick, G. (2017). When Empathy Is Not Enough: Assessing the Experiences of Autistic Children with Technologies. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2853–2864). ACM.

Stephenson, J., & Limbrick, L. (2013). A review of the use of touch-screen mobile devices by people with developmental disabilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1–15.

Van Der Meer, L. A. J., & Rispoli, M. (2010). Communication interventions involving speech-generating devices for children with autism: A review of the literature. *Developmental Neurorehabilitation*, *13*(4), 294–306.

Van Hees, V., Moyson, T., & Roeyers, H. (2015). Higher education experiences of students with autism spectrum disorder: challenges, benefits and support needs. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(6), 1673–1688.

Whalen, C., Moss, D., Ilan, A. B., Vaupel, M., Fielding, P., Macdonald, K., … Symon, J. (2010). Efficacy of TeachTown: Basics computer-assisted intervention for the intensive comprehensive autism program in Los Angeles unified school district. *Autism*, *14*(3), 179–197.

Young, R. L., & Posselt, M. (2012). Using the transporters DVD as a learning tool for children with autism spectrum disorders (ASD). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(6), 984–991.

Zakari, H. M., Ma, M., & Simmons, D. (2014). A Review of Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorders (ASD). In *Serious Games Development and Applications* (pp. 93–106). Springer.