HAL
open science

# Conception et Validation Expérimentale d'un Assistant Numérique pour l'Inclusion Scolaire d'Enfants avec Troubles du Spectre Autistique en Classe Ordinaire

Charles Fage

**To cite this version:**

Charles Fage. Conception et Validation Expérimentale d'un Assistant Numérique pour l'Inclusion Scolaire d'Enfants avec Troubles du Spectre Autistique en Classe Ordinaire. Sciences cognitives. Université de Bordeaux, 2016. Français. NNT : 2016BORD0111 . tel-01384613

**HAL Id: tel-01384613**

**https://theses.hal.science/tel-01384613v1**

Submitted on 20 Oct 2016

**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.

THÈSE PRÉSENTÉE

POUR OBTENIR LE GRADE DE

# DOCTEUR DE

# L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

ÉCOLE DOCTORALE

Sociétés, Politique et Santé Publique

SPÉCIALITÉ

Sciences Cognitives

Par Charles FAGE

# Conception et Validation Expérimentale d'un Assistant Numérique pour l'Inclusion Scolaire d'Enfants avec Troubles du Spectre Autistique en Classe Ordinaire

Sous la direction de : Hélène SAUZÉON
(co-directeur : Charles CONSEL)

Soutenue le 30 Mai 2016

Membres du jury :

| | | |
|---|---|---|
| M. BOUVARD, Manuel | PU-PH CNRS UMR 5287 – INCIA, CH Charles Perrens | Président |
| M. GOODWIN, Matthew | Assistant Pr. Northeastern University | Rapporteur |
| M. VANDROMME, Luc | Pr. Université de Picardie Jules Verne | Rapporteur |
| Mme MAILLART, Christelle | Pr. Université de Liège | Examinateur |
| Mme LANNEGRAND, Lyda | Pr. Université de Bordeaux | Examinateur |
| M. GRYNZSPAN, Ouriel | MCU. Université Pierre et Marie Curie | Examinateur |

**Titre : Conception et Validation Expérimentale d'un Assistant Numérique pour l'Inclusion Scolaire d'Enfants avec Troubles du Spectre Autistique en Classe Ordinaire**

Résumé : Bien que reconnue comme critique pour le devenir socio-professionnel des enfants avec Troubles du Spectre Autistique (TSA), l'inclusion scolaire en classe ordinaire demeure en France peu acces- sible pour ce public. En effet, le fonctionnement cognitif atypique associé aux limitations des comportements socio-adaptatifs (communication, socialisation, autonomie *etc.*), se heurte bien souvent aux conditions normées des milieux ordinaires tels que l'école. Les nouvelles technologies sont aujourd'hui pressenties comme leviers prometteurs pour surmonter ces barrières à l'inclusion scolaire. Cependant, malgré un marché pléthorique de technologies ciblant les TSA, les études scientifiques manquent pour statuer sur leur efficacité mais aussi sur les fondements mêmes de leur conception.

Ce travail présente la conception et la validation d'applications mobiles pour l'inclusion scolaire d'enfants avec TSA en classe ordinaire au travers de trois études. Dans une approche centrée- utilisateur, l'Étude 1 présente des principes de conception d'applications d'assistance aux activités de classe et activités communicationnelles des enfants avec TSA pour une utilisation *in situ*. Dans une approche centrée utilisateur et de recherche clinique pilote, l'Étude 2 présente les principes de conception et la validation expérimentale d'une application d'assistance à la régulation émotionnelle des enfants TSA en classe ordinaire. Les résultats indiquent des bénéfices sur les comportements d'auto-régulation ainsi que sur les processus sociocognitifs sous-jacents. Enfin, dans une approche cross-syndromes, l'Étude 3 présente les résultats d'une intervention globale reposant sur des ap- plications d'assistance et de remédiation cognitives (dispositif *Collège+*) déployées auprès de 48 enfants et visant à soutenir la primo-inclusion en classe ordinaire d'enfants avec TSA et d'enfants non TSA (avec Déficiences intellectuelles ou troubles globaux de l'apprentissage). Des bénéfices sont rapportés pour tous les enfants équipés en termes de comportements socio-adaptatifs, de réponse sociale et de fonctionnement sociocognitif. Aussi, de plus larges bénéfices sont observés pour les enfants TSA révélant ainsi la pertinence de l'intervention *Collège+* pour le public avec TSA.

En conclusion, un approche systémique dans la conception et l'expérimentation d'applications mobiles a permis des améliorations dans l'adaptation des comportements et du fonctionnement socio-cognitif, cruciaux dans la réussite d'une inclusion scolaire en classe ordinaire. Cette approche semble donc prometteuse pour soutenir l'inclusion scolaire en milieu ordinaire des enfants avec TSA, et offre de larges perspectives de travail, tant sur l'enrichissement des contenus, la conception de nouvelles applications que des méthodes de validation expérimentale.

Mots clés : *Troubles du Spectre Autistique, Intervention sur technologie mobile, prompteurs d'activi- tés, remédiation cognitive, inclusion scolaire, intervention pour la régulation émotionnelle*

# Title : Design and Experimental Validation of a Technological Assistant for School Inclusion of Children with Autism Spectrum Disorders in Mainstream Classrooms

Abstract : School inclusion of children with Autism Spectrum Disorders (ASD) in mainstream classrooms remains dramatically limited in France, even though it has been recognized as critical for socio- professional perspectives. In fact, the atypical cognitive functioning, associated with socio-adaptive behavior difficulties (communication, social skills, autonomy, *etc.*), are usually confronted to nor- malized expectations in these mainstream environments, such as schools. New technologies can be seen as promising levers to overcome the barriers of school inclusion. However, despite a plethoric offer of technologies for children with ASD, scientific studies are lacking to establish their efficacy, as well as the relevance of their design.

This work presents the design and validation of mobile applications to support school inclusion of children with ASD in mainstream classrooms through three studies. The first study presents design principles for assistive applications addressing school routines and verbal communication activities of children with ASD; these applications are to be used *in situ*. Combining a user-centered approach and pilot clinical research, the second study presents design principles and experimental validation of an emotion regulation application targeting children with ASD in mainstream classroom. The results reveal benefits on self-regulation behaviors, as well as underpinning socio-cognitive processes. Finally, in across-syndrome approach, the third study presents the results of a global intervention, based on cognitive assistive and rehabilitation applications, involving 48 children and supporting the first inclusion in mainstream classrooms of children with ASD and children without ASD (with Intellectual Disabilities or learning disabilities). Benefits are reported for both equipped groups in terms of socio-adaptive behaviors, social response and socio-cognitive functioning. Larger benefits have been observed for equipped children with ASD, revealing the relevance of *Collège+* intervention for this population.

A systemic approach to designing and experimenting mobile applications allowed for improve- ments in socio-adaptive behaviors and socio-cognitive functioning, crucial for the success of main- stream school inclusion. Such approach seems promising to support school inclusion of children with ASD in mainstream classrooms, and offers broad perspectives by enriching contents, designing new applications as well as experimenting validation methodologies for mainstream environments.

Keywords : *Autism Spectrum Disorders, Mobile technology-based intervention, Activity schedules, cognitive rehabilitation, school inclusion, emotion regulation intervention*

# Unité de recherche

Laboratoire HACS Handicap, Activité, Cognition et Système Nerveux, Université de Bordeaux, 148 rue Léo Saignat, 33000 Bordeaux, France

# Remerciements

Si elle est aussi une formidable aventure du soi, une thèse ne se fait pas seul.

Je voudrais commencer par remercier Hélène Sauzéon, sans qui ce travail n'aurait pas démarré pour moi, et n'aurait sans nul doute jamais été terminé. Tu m'as accompagné, fait mûrir, et soutenu du début à la fin, et je te serai toujours reconnaissant pour ça. On a découvert ensemble le monde de l'autisme, la détresse des familles et le travail acharné des enseignants, spécialisés dans la débrouille. Et puis tu as cette habitude de trouver une ref à 23h qui tape juste, un régal. Je te souhaite toute la réussite possible, et que tu trouves toujours du ketchup pour tes paninis ! Je remercie également Charles Consel qui m'a accueilli dans son équipe depuis mon stage de fin d'études. J'y ai appris énormément. Aussi, je remercie Émilie Balland qui a largement œuvré pour que ce travail aboutisse, avec toute son énergie, son enthousiasme ... et ses talents d'actrice !

Je remercie évidemment tous les membres du jury pour m'avoir donné l'opportunité de présenter mon travail et d'échanger avec eux : j'en suis très honoré. Je remercie donc Manuel Bouvard d'avoir accepté de présider ce jury, et Luc Vandromme pour ses retours avisés et sa disponibilité. Je tiens à remercier Matthew Goodwin pour nos discussions ainsi que ses idées pour renforcer ce travail. Je remercie également les examinateur : Lyda Lannegrand pour avoir suivi les évolutions de la thèse, Christelle Maillart et son enthousiasme pour notre approche, ainsi que Ouriel Grynszpan pour ses questions pertinentes et sa disponibilité malgré la distance.

Je voudrais remercier nos collaborateurs du Centre Ressources Autisme : Manuel Bouvard, Anouk Amestoy, Kattalin Etchegoyhen et Cécile Gallot pour leur temps et leur patience dans un projet de recherche chronophage et risqué. Aussi, je remercie nos collaborateurs du Ministère de l'Éducation Nationale et de l'Inspection Académique. Je pense sincèrement que ce travail est une première étape dans l'évolution des pratiques et du dialogue entre nos disciplines, en faveur des enfants et leurs familles. Je tiens ainsi à remercier tout par-

ticulièrement les équipes pédagogiques des collèges Gérard Philippe, Aliénor d'Aquitaine et Chambéry, et notamment Sophie Gerbé, Nathalie Lingrand et Cécile Affagard pour nos échanges passionnants et nourrissants. Ça été un réel plaisir de travailler avec vous, ou plutôt de côtoyer votre quotidien. Je remercie chacune des familles qui ont participé à cette aventure, qui a été réalisée pour vous, mais aussi et surtout par vous. Enfin, je souhaite remercier chaleureusement Liliane Boulanger, qui a accompagné durant presque deux ans les élèves dans leur utilisation des applications en inclusion dans les classes ordinaires. La tâche était loin d'être aisée, et tu as donné de ta personne pour mettre ces élèves dans les meilleures conditions.

Je remercie également les membres du Laboratoire HACS Bernard N'Kaoua qui m'a soutenu dans le financement de mes travaux, Pierre-Alain Joseph pour nos collaborations aux congrès de neuro-réhabilitation, ainsi que Éric Sorita pour l'opportunité d'intervenir dans l'école d'ergothérapie, faisant le lien entre recherche et pratique.

Je tiens tout particulièrement à remercier toutes les secrétaires et assistantes d'équipe que j'ai pu martyriser avec mes retards et oublis à répétition. Isabelle, Chrystel, Catherine, Nadia, Ghyslaine, Sabine, je ne vous remercierai jamais assez pour votre travail et votre patience. Vous avez même assuré le soutien psychologique parfois !

Je remercie David Daney pour m'avoir offert l'opportunité de rejoindre un projet de recherche européen en me faisant une place dans son bureau. Nos débats houleux sont passionnants, mais j'ai clairement gagné le challenge rédaction/soutenance. Merci encore pour ton soutien et ta confiance, et mes sincères condoléances pour ton orthographe.

Je remercie évidemment tous mes collègues de l'équipe Phoenix avec qui j'ai passé tant de temps ces 4 dernières années. Avec qui on s'est entre-aidés, en se jetant des balles dessus par exemple, et avec qui on s'est pas mal détendu les neurones au bar ou au baby. Quentin, Julien, Damien (merci pour le codage record des applis !!!) tenaient le Spot, c'était génial de vous voir monter votre boite. Milan et Paul, on a commencé la thèse ensemble, et on a beaucoup partagé, et puis on est arrivés au bout ! Lucile et tes histoires de fou, t'as été un bol d'air frais avec ton énergie et tes bruitages improbables. Camille et ses disco-soupes, Adrien et Alex qui passaient leur temps à gagner des hackathons, ou à « bosser chez eux », et puis plus récemment la new team, avec Julien Quentin Charlotte Ludo et Pauline Fontagné. Vous avez rendu la fin bien plus agréable, alors merci à vous !!! Mention spéciale à mes deux geeks préférés aux écrans verticaux : personne n'a râlé plus que nous, et c'était passionnant ! Je remercie aussi tous les stagiaires avec qui on s'entassait parfois dans l'openspace : on s'est bien marrés.

Je veux remercier également les étudiants avec qui j'ai collaboré sur le projet Collège+ dans le cadre de leur stage : Philippe Dandré pour tout le travail sur le terrain et ton mémoire excellent, Marie Demangeat pour ton énergie et ta patience sur la cotation des vidéos, Carolane Mascle pour ta bonne humeur, ton super travail et toutes ces heures passées sur les vidéos. Enfin l'Oscar revient au plus beau : Léonard Pommereau. Merci pour tout ton travail, et ta détermination sur le terrain qui ont fait la différence. Au plaisir de croiser ta route.

Et puis évidemment il y avait tous mes amis de l'Inria. Ceux que je croisais au baby, à la cafet, et au bar. On a partagé beaucoup de matchs, où j'ai pu me défouler en criant et tirant aussi fort que je le pouvais, dans le ballon ou les barrières. Difficile aussi d'oublier notre escapade en terres italiennes, et il me tarde d'y retourner !!!

Je voudrais également remercier mes collègues activistes du Comité des Doctorants. Je suis ravi d'avoir rencontré des gens de toutes ces disciplines avec autant d'énergie positive et aussi motivés pour défendre les droits et les conditions de travail des doctorants. Vous avez été une vraie source de motivation, et de soirées réussies !!

La thèse s'est également faite avec le soutien de mes amis. Ceux qui sont là depuis (très) longtemps, à accompagner les moments de réussite et les coups durs. Vous avez été, et vous êtes toujours, très précieux pour moi. Je vais prendre grand soin de fêter ça avec chacun de vous quand on se croisera, celle-là c'est aussi la votre. Je n'oublie pas mon plus grand soutien : le canapé de Romain. Tu as été sans faille pour repousser l'envahisseur jusqu'au petit matin, à l'heure où Volonté et Musculature se confondent. Merci mangemerde.

Et puis évidemment il y a celle qui a toujours cru en moi, qui m'a donné le recul nécessaire parfois, et le sourire tout le temps. Tu as été géniale même lorsque j'étais chiant, que je ne pouvais parler que de ça, ou que je ne parlais plus du tout. Tu m'as même offert le luxe d'être passionnée par mon sujet ! Nanaright Nidiali, merci pour tout.

Enfin, les plus importants pour moi ont toujours été mes parents, frère et sœur, leurs enfants et tous les membres de ma famille. Du début à la fin vous m'avez soutenu, poussé, réconforté, félicité, et je doute que vous mesuriez l'impact de votre chaleur sur mes neurones, comme un foyer de résistance. Je vous aime.

# Table des matières

**Remerciements** i

**Table des matières** v

**1 Contexte scolaire français, entre scolarité obligatoire et accueil spécialisé** 1
1.1 Contexte général . . . 2
1.1.1 Historique. . . . 2
1.1.2 Structure du pays. . . . 2
1.1.3 Population. . . . 3
1.1.4 Compositions raciales/ethniques. . . . 3
1.1.5 Données d'alphabétisation/numératie. . . . 4
1.2 Revue du système éducatif public. . . . 4
1.2.1 Description d'une scolarité obligatoire. . . . 4
1.2.2 Financements. . . . 5
1.2.3 Structure organisationelle. . . . 5
1.2.4 Taux de diplomation. . . . 6
1.3 Revue de l'éducation en écoles privées. . . . 7
1.3.1 Pourcentage de la population fréquentant les écoles privées. . . . 7
1.3.2 Types d'écoles privées. . . . 7
1.3.3 Description de la population fréquentant les écoles privées et des services proposés. . . . 7
1.4 Enseignement/éducation spécialisés. . . . 8
1.4.1 Mandats législatifs. . . . 8
1.4.2 Formation des enseignants/Préparation . . . 14
1.4.3 Limites et perspectives. . . . 16

**2 French school context, between compulsory schooling and special needs education system** **19**
2.1 Overview of the Country . . . 20
2.1.1 Historical information. . . . 20
2.1.2 Structure of the country. . . . 20
2.1.3 Population. . . . 21
2.1.4 Racial/ethnic composition. Racial/ethnic composition. . . . 21
2.1.5 Literacy/numeracy data. . . . 22
2.2 Public Education System Overview . . . 22
2.2.1 Description of compulsory schooling. . . . 22
2.2.2 Funding. . . . 23
2.2.3 Organizational structure. . . . 23
2.2.4 Graduation rate . . . 23
2.3 Private School Education Overview . . . 25
2.3.1 Percentage of school-age population attending private schools. . . . 25
2.3.2 Types of private schools. . . . 25
2.3.3 Description of who attends and of the services provided. . . . 25
2.4 Special Education/Special Needs Education System . . . 26
2.4.1 Current legislative mandates. . . . 26
2.4.2 Age range for special education/special needs education. . . . 27
2.4.3 how students are identified. . . . 28
2.4.4 Where special education/special needs education services are provided. 29
2.4.5 Related services. . . . 30
2.4.6 Graduation rate for students with disabilities. . . . 31
2.4.7 Prevalent practices used in special education services. . . . 31
2.4.8 Post-School Options for Students Receiving Special Education/Special Needs Education Services. . . . 31
2.5 Teacher Training/Preparation . . . 32
2.5.1 Minimum requirements to be a general education teacher. . . . 32
2.5.2 Minimum requirements to be a special education/special needs education teacher. . . . 32
2.5.3 Types of special education personnel. . . . 33
2.5.4 Nature of in-service training/professional development provided to special education/special needs education teachers. . . . 33
2.5.5 Limitations and perspectives. . . . 33
2.5.6 Promising Trends in the Future. . . . 34

**1 Partie Théorique** **37**

**3 Description clinique des TSA : un enjeu de santé publique** **39**

3.1 Diagnostic des TSA . . . 40
3.1.1 Évolution du diagnostic . . . 40
3.1.2 Critères diagnostiques . . . 40
3.1.3 Outils diagnostiques . . . 41
3.1.4 Impact sur la recherche et la clinique . . . 43
3.2 Épidémiologie : prévalence et comorbidités . . . 43
3.2.1 Prévalence . . . 43
3.2.2 Dépistage précoce . . . 45
3.2.3 Comorbidités . . . 46
3.3 Étiologie : facteurs génétiques et environnementaux . . . 47
3.3.1 Les facteurs génétiques . . . 47
3.3.2 Les facteurs environnementaux . . . 47
3.4 Des comportements socio-adaptatifs limités pour un fonctionnement socio-cognitif atypique . . . 49
3.4.1 Des comportements socio-adaptatifs limités . . . 49
3.4.2 Un fonctionnement cognitif atypique : atteinte sélective de mécanismes neurocognitifs . . . 51

**4 Prise en Charge des Enfants TSA 57**
4.1 Les Thérapies Cognitivo-Comportementales (CBT) : des interventions globales 58
4.1.1 Des prises en charge précoces et intensives . . . 58
4.1.2 Des bénéfices globaux pour les enfants avec TSA . . . 59
4.2 Interventions spécialisées . . . 60
4.2.1 Communication . . . 60
4.2.2 Aptitudes sociales . . . 61
4.2.3 Mécanismes de ToM . . . 62
4.2.4 Capacités exécutives . . . 63
4.3 Milieu Scolaire . . . 64
4.3.1 Amélioration des aptitudes sociales . . . 64
4.3.2 Modèles d'intervention globale . . . 65

**5 Les technologies dans la prise en charge des enfants TSA 67**
5.1 Principes de conception pour les TSA . . . 68
5.1.1 Des interfaces adaptées au fonctionnement particulier des TSA . . . 68
5.1.2 La conception participative . . . 68
5.2 Les CRI basées sur ordinateur . . . 69
5.2.1 La communication . . . 69
5.2.2 Les aptitudes sociales . . . 70
5.2.3 La reconnaissance des émotions . . . 72
5.2.4 Les processus de ToM . . . 73
5.2.5 Les processus attentionnels . . . 75

5.3 L'assistance en vie quotidienne : des applications dans le milieu scolaire . . 75
5.3.1 L'assistance à la communication . . . . . 76
5.3.2 Les programmes d'activités . . . . . 78
5.3.3 Interactions sociales . . . . . 79
5.3.4 Introduction d'une technologie dans la classe ordinaire . . . . . 80

**2 Theoretical Part 83**

**6 Children with Autism Spectrum Disorders 85**
6.1 Clinical description of ASD . . . . . 85
6.1.1 Diagnosis . . . . . 85
6.1.2 Epidemiology . . . . . 87
6.1.3 Etiology : genetic, environmental factors . . . . . 88
6.2 Limited socio-adaptive behaviors for an atypical socio-cognitive functioning 89
6.2.1 Limited socio-adaptive behaviors . . . . . 89
6.2.2 Atypical cognitive functioning : selective impairments of neurocognitive mechanisms . . . . . 91

**7 Interventions for children with ASD 93**
7.1 Cognitive-Behavioral Therapies : comprehensive approaches . . . . . 94
7.2 Cognitive Rehabilitation Interventions . . . . . 95
7.3 School settings . . . . . 96

**8 Technology-based interventions for children with ASD 99**
8.1 Design principles for children with ASD . . . . . 100
8.2 Computer-based interventions for children with ASD . . . . . 100
8.3 Assistance in everyday life : Applications for mainstream classrooms . . . . . 104

**3 Partie Empirique 109**

**9 Objectifs et méthode 111**
9.1 Objectifs . . . . . 112
9.1.1 Conception . . . . . 112
9.1.2 Validation expérimentale . . . . . 112
9.2 Méthode . . . . . 113
9.2.1 Participants . . . . . 113
9.2.2 Matériel . . . . . 114
9.2.3 Procédure . . . . . 120
9.2.4 Mesures . . . . . 123

9.3 Étude 1 : Conception d'applications d'assistance des enfants avec TSA en classe ordinaire . . . 127
9.3.1 Introduction . . . 128
9.3.2 Related Work . . . 130
9.3.3 Design Principles . . . 133
9.3.4 Application Description . . . 136
9.3.5 Evaluation . . . 138
9.3.6 Discussion . . . 148
9.3.7 Conclusion . . . 155
9.3.8 Appendix . . . 156
9.4 Étude 2 : Conception et validation d'une application d'assistance à la régulation émotionnelle des enfants avec TSA en classe ordinaire . . . 157
9.4.1 Introduction . . . 158
9.4.2 Related Work . . . 159
9.4.3 Participatory Design . . . 163
9.4.4 Design Principles . . . 165
9.4.5 Application Description . . . 166
9.4.6 Evaluation . . . 168
9.4.7 Discussion . . . 178
9.4.8 Conclusion . . . 184
9.4.9 Appendix . . . 185
9.5 Étude 3 : Intervention Collège+ . . . 187
9.5.1 Introduction . . . 187
9.5.2 Aim of the study . . . 193
9.5.3 Method . . . 193
9.5.4 Results . . . 205
9.5.5 Discussion . . . 207
9.5.6 Conclusion . . . 212
9.5.7 Appendix . . . 213

**10 Discussion, limites et perspectives 221**
10.1 Des applications pertinentes pour l'inclusion scolaire des enfants avec TSA . 222
10.1.1 Applications d'assistance en situation . . . 222
10.1.2 Une intervention systématique pour des bénéfices globaux . . . 224
10.1.3 Travail en cours . . . 226
10.2 Limites . . . 228
10.2.1 Un recrutement hétérogène . . . 228
10.2.2 Méthodologie : limites et challenges des groupes contrôles . . . 229
10.3 Perspectives . . . 230
10.3.1 Retours d'expériences . . . 231
10.3.2 Enrichissement des contenus . . . 231

10.3.3 Des perspectives déjà financées . . . . . 231

**11 Discussion, limitations and perspectives** **233**
11.1 Relevant applications for the inclusion of children with ASD in mainstream schools . . . . . 234
11.1.1 Assistive applications in situation. . . . . 234
11.1.2 A systematic intervention for global benefits . . . . . 236
11.1.3 On-going work . . . . . 238
11.2 Limitations . . . . . 239
11.2.1 Heterogeneous recruitment . . . . . 239
11.2.2 Methodology : limitations and challenges of the control groups . . . 240
11.3 Future Prospects . . . . . 242
11.3.1 Feedback from the stakeholders. . . . . 242
11.3.2 Content development. . . . . 242
11.3.3 Funded prospects. . . . . 243

**12 Conclusion générale** **245**

**Bibliographie** **247**

**Annexes** **281**

CHAPITRE

# 1 Contexte scolaire français, entre scolarité obligatoire et accueil spécialisé

*Ce chapitre introductif décrit le système scolaire français. Après une description du contexte général, il passe en revue système éducatif public et éducation en écoles privées. Une dernière partie couvre l'enseignement et l'éducation spécialisés. Dans sa version anglaise, ce chapitre a fait l'objet, sur sollicitation de l'éditeur, d'une publication dans le Handbook of International Special Education à paraître en fin d'année 2016.*

## Sommaire


1.1 Contexte général . . . . . 2
1.2 Revue du système éducatif public. . . . . 4
1.3 Revue de l'éducation en écoles privées. . . . . 7
1.4 Enseignement/éducation spécialisés. . . . . 8

## 1.1 Contexte général

### 1.1.1 Historique.

La France, pays du vieux continent, a vu son système éducatif évoluer à travers son histoire. Depuis la Révolution française (1789) avec les précurseurs de l'école-Etat jusqu'à aujourd'hui, en passant par l'université impériale (1806-1806) et son Grand-Maître puis à la naissance du premier ministère d'instruction publique en 1828, l'histoire de l'éducation en France, c'est avant tout un mouvement vers la démocratisation de l'accès à l'enseignement et l'émancipation confessionnelle. Depuis toujours, en France, la question de l'enseignement est soumise à des enjeux politico-idéologiques (liberté d'enseignement, neutralité, laïcité) et économiques (coût de l'école, valeur économique des enfants). Citoyens, familles, État et institutions (religieuses, économiques *etc.*) sont les groupes de pression qui ont permis l'école pour tous, notamment au travers les lois Jules Ferry au XIXème siècle rendant l'instruction obligatoire de 6 à 13 ans, l'enseignement laïque et l'accès à l'éducation aux femmes. En 1932, le ministère de l'instruction publique est renommé ministère de l'Éducation nationale pour promouvoir l'égalité scolaire, la gratuité et le partage d'une culture citoyenne commune. Pendant la période trouble du gouvernement de Vichy ou encore sous la IVe République, aucun changement significatif n'intervient, mais sous la Vème République, non seulement la constitution de 1958 inscrit que "l'organisation de l'enseignement public obligatoire gratuit et laïque à tous les degrés est un devoir de l'État" mais aussi, dans les années soixante, l'école est réorganisée : d'un système scolaire organisé en différents ordres (primaire, secondaire, voire technique) destinés à différents types de publics (le primaire est l'école du peuple et ne destine pas ses élèves à une poursuite d'études [1] tandis que le secondaire est l'école de la bourgeoisie et des notables [2]), on passe à une organisation en degrés : 1er degré ou primaire, formé par les écoles maternelles (2-6 ans) et élémentaires (6-11 ans) puis 2nd degré composé par le collège pour son premier cycle (11-15 ans) puis le lycée pour son second cycle (15-18/19 ans). En outre, en 1974, le ministère de l'Éducation se voit également chargé de l'enseignement supérieur, jusque là indépendant, pour enfin promouvoir la synergie entre le secondaire et l'enseignement supérieur, raison pour laquelle ce ministère est aujourd'hui appelé Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MENESR).

### 1.1.2 Structure du pays.

La France, membre fondateur de l'Union Européenne, est située au sud de la côte Atlantique de l'Europe, et sa capitale est Paris. Sa langue officielle est le français même

1. Cf. classes et certificat de fin d'études.
2. Tandis que les enfants des classes populaires suivent les classes de cours préparatoire, élémentaire et moyen, les enfants des couches sociales supérieures fréquentent, dans les petits lycées, les classes de 11ème, 10ème, 9ème, 8ème, 7ème avant d'arriver en 6ème.

si les langues régionales (Basque, Breton, Corse, Occitan, etc.) sont encore pratiquées et enseignées comme patrimoine français dans les écoles jusqu'au lycée. La France est une république constitutionnelle semi-présidentielle (Vème République). La Vème République est le régime le plus stable en France (depuis 1958). Il est parlementaire et qualifié de semi-présidentiel du fait du fort pouvoir accordé au Président de la République élu au suffrage universel direct. Il y a une séparation des pouvoirs exécutifs (le président et son gouvernement composé du 1er ministre et des ministres) et des pouvoirs législatifs (le parlement composé de l'assemblée nationale et du sénat), l'un et l'autre pouvant se renverser mutuellement. Depuis le 1er janvier 2016, les territoires français sont divisés en 13 grandes régions administratives dites collectivités territoriales (1er niveau administratif territorial). Leur champ d'intervention est vaste, allant de la gestion des lycées à celle des transports mais aussi le développement économique, la formation, la recherche ou encore une partie de la fiscalité. Le 2nd niveau administratif territorial est celui des collectivités locales, avec ses 101 départements. Les départements ont aussi des compétences variées qui ne cessent de s'accroitre avec la décentralisation des pouvoirs dont l'action sociale et médico-sociale (protection de l'enfance, allocation dépendance ou handicap, revenu minimum adulte, prévention sanitaire), l'éducation (collège uniquement), la culture (bibliothèque, musées), les transports, le développement économique, etc. À cela s'ajoute un troisième niveau territorial, celui de la commune très impliquée dans la gestion des écoles maternelles et élémentaires (restauration, garderie, activités périscolaires), et notamment depuis la réforme des rythmes scolaires en 2013 transférant certaines activités physiques et culturelles à la responsabilité des communes. Quoi qu'il en soit, les personnels enseignant restent salariés et sous la responsabilité de l'état.

### 1.1.3 Population.

Selon l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques [Institut National de la Statistique et des Études Économiques, 2016], la France compte 66,6 millions d'habitants, dont 64,5 millions en métropole et 2,1 millions en outre-mer. Cette année, la population a augmenté seulement de 0,4% avec : une légère baisse des naissances (la France conserve un des meilleurs taux de fécondité en Europe) et une très forte augmentation des décès du fait du vieillissement démographique. La croissance démographique reste toujours plus déterminée par les naissances que par les flux migratoires.

### 1.1.4 Compositions raciales/ethniques.

La notion de groupe ethnique n'a pas d'existence légale en France, excepté sur le territoire de la Nouvelle-Calédonie, si bien qu'aucun recensement officiel n'est à disposition. En effet, en France, la notion de groupe ethnique ou de minorité nationale est anticonstitutionnelle par le principe d'égalité des citoyens.

### 1.1.5 Données d'alphabétisation/numératie.

Le taux d'alphabétisation (comprendre, lire et écrire de courts énoncés ou faire des calculs de base requis en vie quotidienne) des plus de 15 ans en France est de 99% [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2015]. Pour autant, une enquête récente de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économique) sur 24 pays incluant la France [Organisation de Coopération et de Développement Économiques, 2013] révèle que 21.7% des adultes français se situent sur le niveau le plus bas de compétence en littératie et 9.1% sur le niveau le plus bas en numératie, plaçant ainsi la France très en bas du podium. Ce désastreux palmarès se retrouve également pour les compétences de base en technologie de l'information et communication. Ces chiffres français sont d'autant plus inquiétants qu'ils masquent les fortes disparités sociales également rapportées dans cette enquête. Aussi, selon la dernière enquête officielle [Institut National de la Statistique et des Études Économiques, 2011], 2,5 millions de personnes se trouvent en situation d'illettrisme, soit 7% des personnes ayant été scolarisées en France et âgées de 18 à 65 ans. Selon le MENESR, les évaluations en 2014 menées dans le cadre de la Journée Défense et Citoyenneté (journée civique obligatoire pour les moins de 18 ans) soulignent que, si 81,8% des jeunes de 17 ans ou plus sont des lecteurs efficaces, 9,6% sont en difficulté de lecture et dont 4,1% en grande difficulté [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2014]. Le taux d'illettrisme en France augmente avec l'âge pour atteindre les 30% chez les plus de 56 ans. Aussi, 70% des personnes illettrées ont pour langue maternelle le français et, 20% des allocataires du revenu minimum sont en situation d'illettrisme.

## 1.2 Revue du système éducatif public.

### 1.2.1 Description d'une scolarité obligatoire.

Depuis les lois Jules Ferry en 1882, l'instruction est obligatoire à partir de la primaire. Cette obligation s'applique à partir de 6 ans, pour tous les enfants français ou étrangers résidant en France. Et depuis 1959, cette obligation est prolongée jusqu'à l'âge de 16 ans révolus. Ainsi, soit l'enfant est scolarisé dans un établissement, soit la famille assure elle-même l'instruction de l'enfant. Les données de l'INSEE indiquent qu'entre 2000 et 2013 [Institut National de la Statistique et des Études Économiques, 2013], la scolarisation des 6-16 ans avoisine les 100% (étendue de 94 à 100% selon les tranches d'âge). En 2014-2015, plus de 10 millions d'élèves étaient scolarisée dans le 1er et 2nd degré du secteur public, auquel s'ajoutent les 2 millions du secteur privé. Concernant les moins de 6 ans, les données de l'INSEE indiquent entre 2000 et 2013, une diminution du taux de scolarisation en maternelle des enfants de 2 ans (34 à 12%) expliquée par des capacités d'accueil limitées. Par contre, ce taux est maximal et stable (entre 100 à 98.5%) chez les 3 à 5 ans.

### 1.2.2 Financements.

Selon les derniers chiffres disponibles du MENESR, la dépense globale d'éducation (incluant l'enseignement et les activités connexes, comme l'administration, les cantines, les transports scolaires, les livres scolaires, etc.) a été évaluée, pour l'année en 2013, à 146 milliards d'euros, ce qui représente 6,1% du produit intérieur brut de la France. Aussi, la dépense publique d'éducation a été financée à hauteur de 57,4% par l'État et collectivités territoriales, à 23,7% par les familles, et à 7,6% par les entreprises [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015c].

### 1.2.3 Structure organisationelle.

En France, l'organisation et l'administration de l'ensemble du système éducatif sont à la fois centralisées au MENESR et déconcentrées dans les académies. Son action est complétée par d'autres ministères, notamment le ministère de l'Agriculture pour l'enseignement agricole ou encore le ministère de l'industrie pour l'enseignement d'ingénierie et technologique. L'administration du MENESR est présente dans chaque région et dans chaque département à travers une organisation en 17 régions académiques (pour cohérence avec la nouvelle carte des régions instaurée depuis janvier 2016, et pour lesquelles un recteur de région académique est nommé par le MENESR), 30 académies (circonscription administrative de référence de l'Éducation nationale dirigée par un recteur académique nommé également par le MENESR), et 97 directions départementales de l'éducation nationales (DSDEN) dirigées par des directeurs académiques des services de l'Éducation nationale (les DASEN). Ce maillage territorial des services dits « déconcentrés » vise un pilotage de proximité des établissements et la mise en œuvre effective des réformes pédagogiques respectant les contextes territoriaux, les attentes des usagers et des partenaires locaux. En effet, avec les lois de décentralisation (1982-1983 [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2012] et 2003-2004 [Direction de l'information légale et administrative, 2005]), les compétences territoriales en matière d'éducation ont été augmentées notamment sur les aspects logistiques, car l'état conserve toute compétence liée à l'enseignement (programmes, calendrier scolaire, nomination des personnels enseignants, éducatifs et d'encadrement, *etc.*). Ainsi, les collectivités territoriales assurent des fonctions matérielles (bâtiments, cantine, transport scolaire, *etc.*) avec une contribution financière de l'état, des régions et des départements. Le service public de l'enseignement est sous la responsabilité des communes pour le 1er degré (pré-élémentaires et élémentaires) ; il est sous celle des départements et régions pour le 2nd degré (respectivement, collèges et lycées).

### 1.2.4 Taux de diplomation.

En France, le système éducatif est découpé en 3 degrés : 1) le 1er degré correspond aux enseignements pré-élémentaire et élémentaire, dispensés dans les écoles primaires, de 2 ou 3 ans à 11 ans ; 2) le 2nd degré correspond aux enseignements du collège (1er cycle, de 11 à 15 ans) et du lycée (2nd cycle, de 15 à 18 ans) ; et 3) le 3ème degré correspond à l'enseignement supérieur dispensé dans les lycées (sections de techniciens supérieurs, classes préparatoires aux grandes écoles), dans les grandes écoles et les écoles ou instituts spécialisés, et dans les universités. Pour le 2nd degré, l'enseignement général et l'enseignement professionnel sont à différencier. La certification en France débute au 2nd degré avec le certificat de formation générale (CFG) pour les élèves des enseignements adaptés ou en situation de handicap voire les publics déscolarisés [3], ou le diplôme national du Brevet (DNB) qui sanctionne un socle commun de connaissances, de compétences et de culture en fin de scolarité obligatoire. Ceux-ci peuvent être délivrés à l'issue du cycle d'enseignement général (4 années au collège) ou d'un cycle d'enseignement professionnel (Lycée professionnel ou technique). Selon l'INSEE [Institut National de la Statistique et des Études Économiques, 2014], 5,6% de la population des plus de 15 ans détiennent uniquement ce niveau VI de certification. L'enseignement général se poursuit au lycée et mène au baccalauréat qui sanctionne la fin des études du 2nd degré (3 années) et ouvre l'accès à l'enseignement supérieur en constituant le premier grade universitaire. L'enseignement professionnel a lieu dans des lycées professionnels ou techniques, et mène à un Certificat d'aptitude professionnelle (CAP), puis éventuellement à un baccalauréat professionnel, le brevet d'études professionnelles (BEP) étant devenu une simple certification intermédiaire, dans le cadre de la rénovation de la voie professionnelle intervenue en 2009. Celle-ci est destinée à accompagner davantage d'élèves vers une certification de niveau IV (baccalauréat professionnel). CFG, CAP et BEP représentent le niveau V de certification de 22% des plus de 15 ans en 2014. A la même date, 15% des plus 15 ans détiennent uniquement le niveau de baccalauréat en France (niveau IV de certification). Pour autant, la part de diplômés augmente, puisqu'en 2014, 66% des jeunes de 25 à 34 ans ont obtenu un baccalauréat, et que la proportion de bacheliers dans une génération atteint 78,3%. À l'issue d'un baccalauréat (général ou professionnel), débutent les diplômes de l'enseignement supérieur avec les diplômes de Licence (3 ans, Niveau II), Master (2 ans, Niveau I) et doctorat (3 ans) conformément à la réforme européenne d'uniformisation des diplômes de l'Union Européenne en 2002. D'autres dispositifs coexistent avec des cycles courts d'enseignement professionnel de deux ans (*e.g.,* Brevet de Technicien supérieur, Diplôme Universitaire de Technologie, diplômes de niveau III), de trois ans (Licence professionnelle, diplôme de niveau II), et des cycles longs (4 ans) en sciences de l'ingénieur (Titre d'ingénieur, diplôme de niveau I) accessibles le plus souvent sur concours après deux années de classes préparatoires post-baccalauréat.

3. Notamment les personnes incarcérées qui suivent des cours en vue d'une qualification acquise pendant la détention.

En 2014, seulement 11% des plus de 15 ans détiennent un cycle court post-baccalauréat (2-3 ans) et 14% un cycle long (> 3 ans).

## 1.3 Revue de l'éducation en écoles privées.

### 1.3.1 Pourcentage de la population fréquentant les écoles privées.

Selon le MENRES, en 2011-2012, 2 084 400 élèves étaient scolarisés dans le privé pour le 1er et 2nd degrés, soit 16,96% des élèves en France. Le secteur privé du 1er et 2nd degrés en 2011-2012 avoisine 8 800 établissements, soit 13,6% du nombre d'écoles et d'établissements.

### 1.3.2 Types d'écoles privées.

En France, le régime de liberté d'enseignement défini par la loi Debré en 1959 prévoit trois types d'établissements d'enseignement privés, selon leurs rapports contractuels juridiques et financiers avec l'État : 1) les établissements privés hors contrat, qui sont libres du contenu des enseignements dispensés ; 2) les établissements privés sous contrat simple avec l'État, libres du recrutement de leurs enseignants, salariés de droit privé, mais rémunérés par l'État ; et 3) les établissements privés sous contrat d'association avec l'État, dont les enseignants sont des agents publics. Les établissements sous contrat simple ou d'association représentent 97,3% du secteur privé, et en tout cas, tout établissement privé est soumis à un régime d'inspection par le MENESR. Le contrôle sur le contenu de l'instruction obligatoire a été renforcé par la loi en 1998. Le financement public du secteur privé est à hauteur de 10% environ.

### 1.3.3 Description de la population fréquentant les écoles privées et des services proposés.

En France, historiquement, l'enseignement privé s'est développé au XIXème siècle pour les classes aisées soucieuses d'un enseignement adossé à l'Église. Aujourd'hui, la plupart des établissements privés du 1er et 2nd degré sont toujours majoritairement confessionnels. Le privé représente 13,41% des élèves scolarisés pour le 1er degré et 21,24% pour le 2nd degré avec une sous-représentation des classes sociales défavorisées (élèves boursiers) dans le privé (en moyenne, 12,1% contre 26,4% dans le public). Les enfants en situation de handicap (10 à 15%) ou encore les enfants nouveaux arrivants allophones fréquentent très peu le secteur privé [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015d] ; le caractère propre de ces derniers les autorise à accepter ou refuser les élèves de leur choix. Les établissements privés d'enseignement supérieur, très nombreux et spécialisés, sont rarement confessionnels. Les frais de scolarité y sont souvent très élevés.

## 1.4 Enseignement/éducation spécialisés.

### 1.4.1 Mandats législatifs.

Dans les états membres de l'Union Européenne, trois politiques d'éducation spécialisée se différencient [Noury et Segal, 2003] : 1) les pays à option unique qui se sont engagés pour l'inclusion scolaire dans l'enseignement ordinaire en y incluant des services spécialisés (Suède, Norvège, Espagne, Grèce, Italie, Portugal) ; 2) les pays à deux niveaux d'enseignement (ordinaire et spécialisé), régis souvent par des législations différentes (Allemagne, Belgique, Pays-Bas) ; et enfin 3) les pays à approches multiples dont fait partie la France développant des formules intermédiaires avec des classes ou dispositifs spécialisées à temps plein ou des coopérations entre structures ordinaires et spécialisées (Angleterre, Autriche, Finlande, Danemark). Précisément, en France, l'enseignement relevant de l'adaptation scolaire et de la scolarisation des enfants en situation de handicap dans le 1er et 2nd degrés est sous la tutelle principale du MENESR et sous celle également du Ministère de la Santé et des Affaires Sociales (MSAS). Depuis la loi 2005-102 [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2005a], tout enfant en situation de handicap est de droit un élève. La loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République de 2013 [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2005b] reconnait le principe de l'école inclusive pour tous les enfants [4], sans aucune distinction. Ces deux lois sont essentielles dans la politique française de scolarisation des élèves en situation de handicap. A la demande de la famille et l'élève, l'orientation et les aides accordées sont décidées, en réponse aux demandes des personnes en situation de handicap ou de leurs représentants, par la commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées (CDAPH) qui statue au sein des maisons départementales des personnes handicapées (MDPH), en établissant un plan personnalisé de compensation (PPC) incluant notamment un projet personnalisé de scolarisation (PPS). L'examen des dossiers de demande est effectué, à la MDPH, par les équipes pluridisciplinaires d'évaluation (EPE) (médecins, enseignants, ergothérapeutes, psychologues, travailleurs sociaux, etc.). L'éducation nationale met en œuvre les décisions de la CDAPH, lorsqu'il s'agit d'orientation scolaire, d'attribution d'aide humaine ou de matériel pédagogique. Depuis 2014, plusieurs décrets ont modernisé les procédures et les outils destinés à permettre une meilleure évaluation des besoins des élèves en situation de handicap : rôle des acteurs, création d'outils normalisés (guide d'évaluation des besoins de compensation en matière de scolarisation - GEVASCO [Intégration Scolaire et Partenariat, 2015]), modification de la composition de l'équipe pluridisciplinaire de la MDPH. A côté du PPS, destiné aux élèves en situation de handicap, coexistent d'autres dispositifs pour soutenir les élèves à besoins éducatifs particuliers : le PAI (Plan d'Aide Individualisée avec aménagement de la scolarité, protocole médical et d'urgence) destiné aux enfants et adolescents malades accueillis en collectivité, porteurs de pathologies chroniques, d'intolérances alimentaires et d'allergies ; le PAP (Plan

4. En difficulté scolaire, en situation de handicap, allophones, enfants du voyage, *etc.*

d'Aide Personnalisée, avec aménagements et adaptations pédagogiques) destiné aux élèves porteurs de troubles des apprentissages (de type troubles spécifiques des apprentissages, Troubles Déficitaires d'Attention avec ou sans Hyperactivité [TDAH], ou états dépressifs) ; le PPRE (Programme personnalisé de Réussite Éducative, avec pédagogies diversifiées et différenciées) destiné aux élèves rencontrant des difficultés scolaires. Lorsque la difficulté scolaire est persistante, les élèves des deux degrés de l'école peuvent bénéficier d'enseignements adaptés : ceux du 1er degré peuvent bénéficier de l'enseignement des professeurs spécialisés des RASED [5]. Chacun de ces RASED est rattaché à un inspecteur de l'éducation nationale chargé de circonscription du premier degré (IEN-CCPD) et composé de trois à cinq psychologues scolaires et d'un nombre variable d'enseignants spécialisés chargés d'aide pédagogique (pour agir sur les difficultés d'apprentissage, notamment méthodologiques et métacognitives) ou d'aide rééducative (pour agir sur la capacité à être élève, à respecter le cadre et les règles de l'école, se situer dans un groupe, éprouver ses limites corporelles et savoir s'intégrer dans un groupe). Ces RASED sont intégrés dans les pôles ressources de circonscription qui regroupent enseignants spécialisés des RASED, conseillers pédagogiques, enseignants référents chargés du suivi de la scolarisation des élèves en situation de handicap, enseignants spécialisés dans les TUIC [6], dans l'enseignement en français langue de scolarisation (destiné aux enfants allophones), dans l'enseignement aux enfants du voyage, etc. Ces différents publics sont concernés par le concept d'école inclusive. Les élèves du second degré rencontrant des difficultés d'apprentissage durables et persistantes peuvent bénéficier d'une orientation vers les enseignements adaptés. Celle-ci est du ressort du directeur académique de chaque département, dans le cadre des travaux de la CDOEA (commission départementale d'orientation vers les enseignements adaptés). Ils seront alors scolarisés en SEGPA (section d'enseignement général et préprofessionnel adapté, de la 6ème à la 3ème), au sein d'un collège ou en EREA/LEA (établissement régional d'enseignement adapté, en général de la 6ème aux classes de CAP/ lycée d'enseignement adapté, pour des classes post-3ème ou à partir de la 3ème préparatoire à la voie professionnelle). Avec la refondation de l'École en cours, les élèves de 6ème pourront être pré-orientés en SEGPA mais leur orientation définitive sera effective que l'année n+1 sous décision de la CDOEA. Cette disposition vise à réduire au maximum les parcours filiarisés et à promouvoir l'École inclusive. Les EREA/LEA ont un recrutement régional et sont donc la plupart du temps dotés d'un internat. Les élèves des enseignements adaptés bénéficient de projets individuels de formation.

**Âges pour un enseignement/éducation spécialisés.**

La gratuité de l'instruction scolaire en France pour les élèves en situation de handicap couvre la période des 3 à 16 ans mais cette période peut-être prolongée jusqu'à 20 ans. Avant trois ans, des soins gratuits sont également offerts via des services sanitaires ou

5. RASED : réseau d'aide spécialisée aux élèves en difficulté
6. TUIC : Techniques usuelles de l'information et la communication

médico-sociaux. Après 18 ans, soit l'élève suit une scolarité en milieu ordinaire et accède à l'enseignement supérieur (général ou professionnel) soit l'élève accède à des formations professionnelles dans des structures médico-éducatives spécialisées.

**Population des étudiants pouvant prétendre à un enseignement/éducation spécialisés.**

Dans les états membres de l'Union Européenne, le pourcentage d'enfants handicapés est estimé à 2% de la population totale des enfants en âge scolaire [Noury et Segal, 2003]. Près de 20000 enfants en âge d'être scolarisés ne le seraient pas (rapport du Sénat en 2012). Selon le rapport « Repères et statistiques » du MENESR [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015d], en 2014, 330200 enfants ou adolescents en situation de handicap sont scolarisés, soit une hausse de 6,2% par rapport à l'année scolaire précédente. Les trois quarts des élèves concernés le sont en milieu ordinaire et le quart restant suit une scolarité dans les établissements spécialisés. En 2014, le milieu ordinaire scolarise 20800 élèves supplémentaires, soit 7% dans le 1er degré et de 11,2% dans le 2nd degré amenant à une hausse globale de 8,7% (contre 6% en 2013) et la baisse observée des établissements spécialisés se confirme (-1,6%). La scolarisation en classe spécialisée en milieu ordinaire croît moins vite dans le 1er degré que dans le 2nd degré (respectivement 1,5% et 11,9%). Les modes de scolarisation dépendent des déficiences. Les élèves présentant des déficiences intellectuelles ou cognitives constituent presque la moitié des élèves en situation de handicap (42%) dans le 1er et 2nd degré dont la majorité est en milieu ordinaire (>70%) mais en classes spécialisées (59200 élèves contre 4 64 00 élèves en classe ordinaire) et forment 46,1% des effectifs des établissements hospitaliers ou médico-sociaux. Ils semblent donc avoir plus de difficultés à suivre une scolarité ordinaire. Les élèves avec troubles psychiques représentent 21% des élèves en situation de handicap et ceux avec troubles du langage et de la parole atteignent les 13%, et dans les deux cas, les élèves sont majoritairement inclus en milieu et classe ordinaire (>70%). Les troubles sensoriels (audition, vision) concourent à 4,7% des situations de handicap scolaire, les troubles moteurs à 7,5%, les troubles viscéraux à 2,7%, les « autres troubles » à 2,6% et dans ces quatre cas, les élèves sont en très grande majorité en milieu et classe ordinaire (>80%). Les enfants avec multiples troubles associés représentent 7,8% et sont en majorité en milieu et classe ordinaire (>60%) ; et enfin, les enfants avec polyhandicap représentent 0,4% du public total et sont tous accueillis en établissements spécialisés.

**Comment les étudiants sont identifiés.**

Les déficiences sensorielles, motrices ou intellectuelles sévères sont en général repérés très tôt, par les acteurs médicaux. Les Centres d'aide médico-sociale précoce (CAMSP) installés le plus souvent à l'hôpital sont destinés à faciliter le dépistage, le diagnostic et la rééducation des enfants âgés de moins de 6 ans. Pour les autres types de déficiences, l'école joue souvent le rôle de premier révélateur de difficultés. Les difficultés sont alors

observées finement, discutées avec les parents de l'élève et ceux-ci sont accompagnés vers la prise de conscience du handicap par l'équipe éducative (enseignants, directeurs d'école, médecins de l'éducation nationale, psychologues scolaires, *etc.*). Les parents de l'élève en situation de handicap sont alors accompagnés vers la formulation d'une demande de compensation à la MDPH. L'accompagnement des parents par les équipes pédagogiques et les médecins de l'éducation nationale est fondamental, pour accompagner la prise de conscience de la différence, la reconnaissance du handicap puis la construction de parcours scolaires adaptés aux besoins éducatifs particuliers. Il est attendu que les médecins aident les enseignants à bien comprendre les besoins spécifiques de chaque élève, à charge pour les enseignants de déterminer voire, d'inventer des stratégies pédagogiques et didactiques adaptées à ces besoins spécifiques.

**Où l'enseignement/éducation spécialisés sont proporsés.**

La scolarisation des enfants en situation de handicap se déroule en milieu ordinaire et/ou en milieu adapté, et/ou en milieu protégé dans un établissement spécialisé (hospitalier ou médico-social), et ceci à temps complet ou temps partiel. En milieu ordinaire, pour les 1er et 2nd degrés, la scolarisation peut être « individuelle » (l'élève fréquente une classe ordinaire) ou « collective » (l'élève fréquente une classe spécialisée pour l'inclusion scolaire), soutenus ou non par des compensations (aide humaine ou matériel pédagogique adapté). Certains élèves en situation de handicap peuvent tirer profit d'un enseignement adapté. Ils y sont alors orientés par la MDPH, dans le cadre de l'élaboration de leur PPS par l'EPE et de la validation de celui-ci par la CDAPH. La scolarisation « collective » implique des dispositifs spécialisés, à savoir des unités localisées pour l'inclusion scolaire (ULIS). Ces dispositifs inclusifs situés en milieu ordinaire ont une capacité théorique de 12 élèves au 1er degré et 10 élèves au 2nd degré. L'élève y reçoit un enseignement adapté à ses besoins spécifiques par un enseignant spécialisé et bénéficie de temps d'inclusion dans les classes ordinaires ; son parcours scolaire est défini dans son PPS. En milieu adapté, la scolarisation se réalise dans les sections d'enseignement général et adapté (SEGPA) et les établissements régionaux d'enseignement adapté (EREA). Ce dernier type d'établissement est doté d'un internat éducatif dont plus de la moitié des élèves bénéficie. L'encadrement des élèves est en moyenne pour les internes de 8 élèves, et de 25 pour les demi-pensionnaires. Les élèves de SEGPA bénéficient d'enseignements par des professeurs de collège, des professeurs des écoles spécialisés dans la prise en charge de la difficulté scolaire et des professeurs de lycée professionnel pour de l'enseignement pré-professionnel reparti en cinq champs (habitat, espace rural – environnement, vente-distribution-magasinage, hygiène- alimentation-services, production industrielle). En EREA, les enseignements professionnels sont plus diversifiés et centrés, comme en lycée professionnel, sur des métiers précis (maçon, mécanicien, horticulteur, coiffeur, *etc.*). En milieu protégé, les établissements spécialisés médico-sociaux et sanitaires offrent une prise en charge globale, scolaire, éducative et thérapeutique, qui peut

s'accompagner dans certains cas d'une inclusion scolaire partielle [7]. Parmi les dispositifs médico-sociaux, les Instituts médico-éducatifs (IME) accueillent les enfants et adolescents présentant une déficience intellectuelle ou cognitive. L'IME fonctionne en internat, en externat, en semi-internat ou en accueil temporaire. Il est spécialisé selon le degré et le type de handicap pris en charge. Les Instituts thérapeutiques, éducatifs et pédagogiques (ITEP) ont plus vocation à accueillir des enfants avec troubles du comportement. D'autres types d'établissements sont dédiés aux handicaps moteurs ou sensoriels. Pour finir, les structures sanitaires instruisent aussi selon de multiples formules : 1) hospitalisation à domicile avec maintien de l'enfant dans son milieu; 2) hospitalisation de jour, la plus fréquente où la scolarisation peut être faite à l'intérieur du service hospitalier par un enseignant public ou grâce au téléenseignement. Elle peut aussi être réalisée dans une école pour des séquences précises ; et 3) hospitalisation à temps plein pendant laquelle des activités de scolarisation et de socialisation sont proposées à l'enfant ou adolescent par des enseignants spécialisés des 1er et 2nd degrés mis à disposition de la structure hospitalière par le MENESR. À côté de ces dispositifs, le Centre national d'enseignement à distance (Cned) assure le service public de l'enseignement à distance. Pour les 6 à 16 ans, le Cned propose un dispositif spécifique lié au PPS qui comporte l'intervention possible à domicile d'un enseignant répétiteur rémunéré par le Cned.

**Services/interventions/programmes.**

En France, la prise en charge globale d'un enfant en situation de handicap inclut trois champs d'intervention : l'éducatif (renvoyant à l'éducation spécialisée), le pédagogique (renvoyant au scolaire) et le thérapeutique (renvoyant aux soins). Sur le plan scolaire, comme tous les élèves, les enfants en situation de handicap ont des objectifs d'apprentissage. Ces objectifs reposent sur les programmes scolaires en vigueur et le socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Sur le plan éducatif et thérapeutique, à partir des besoins identifiés par l'équipe pluridisciplinaire de MDPH et traduits dans le PPC (plan personnalisé de compensation), le PPA (plan personnalisé d'accompagnement) ou PIA (plan individuel d'accompagnement) définit les accompagnements thérapeutiques et/ou éducatifs. Le PPS, qui fait partie intégrante du PPC, et du PIA ou PPA, précisera l'orientation scolaire, l'éventuel recours à une aide humaine ou à un matériel pédagogique adapté, et enfin des aménagements pédagogiques. Les tâches du secteur éducatif sont vastes : développement des activités socio-éducatives, et des activités culturelles et sportives, éducation à la citoyenneté et aux loisirs, participation à la gestion du projet individuel de formation, accompagnement au processus d'insertion sociale et professionnelle. Des prestations financières et matérielles sont également prévues : Allocation d'éducation pour enfant handicapé, la carte d'invalidité, et les transports spécialisés sur l'année scolaire.

7. Cf. supra, différents modes de scolarisation

Toutes les mesures d'accompagnement de l'élève sont des moyens pour soutenir son projet de vie.

**Services liés.**

Les deux plus importants services spécialisés sont les centres médico-psychologiques (CMP) et les services d'éducation spéciale et de soins à domicile (SESSAD) qui sont gratuits, pluridisciplinaires et sectorisés géographiquement. Les CMP sont des services regroupant des spécialistes de la santé (médecins, psychiatres, infirmières, psychologues, ergothérapeutes, psychomotriciens, orthophonistes, éducateurs spécialisés, assistants sociaux). Ils sont spécialisés « enfant » ou « adulte ». Les SESSAD apportent un soutien spécialisé aux enfants et adolescents maintenus dans leur milieu ordinaire de vie et d'éducation. Ils sont souvent spécialisés par type de déficience (sensorielles, motrices, cognitives, *etc.*). Les soins et les rééducations peuvent également être dispensés par d'autres services (consultations hospitalières des secteurs de psychiatrie infanto-juvénile, hôpitaux de jour, *etc.*) ou des praticiens libéraux.

**Taux de diplomation pour les étudiants en situation de handicap.**

En 2014, sur la population d'enfants scolarisés en situation de handicap, 65,71% le sont au 1er degré, 32,85% le sont au 2nd degré et 1,4% ont un niveau indéterminé. Ce bilan général masque le constat qu'en établissements spécialisés, huit élèves sur dix ont un niveau équivalent à un enseignement du 1er degré, signe d'un retard scolaire significatif. Ce bilan rejoint celui plus élargi de la Cneso (Conseil national d'évaluation du système scolaire, rapport 2016 [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015b]) observant qu'en France si la quasi-totalité des enfants handicapés âgés de 3 à 5 ans est scolarisée dans une école ordinaire ; à 12 ans, ils sont 80% ; à 15 ans, un peu plus de 60% ; et à 18 ans, seulement 44%. Ils accèdent très peu aux études supérieures : seuls 6% des jeunes handicapés âgés de 20 à 24 ans sont diplômés de l'enseignement supérieur.

**Pratiques courantes dans l'enseignement spécialisé.**

L'enseignement adapté (SEGPA et EREA) ou spécialisé (ULIS en milieu ordinaire et Unité d'enseignement pour le milieu protégé) offre une scolarité adaptée au plus près des besoins des élèves et vise le plus souvent une orientation future des élèves vers l'enseignement professionnel en vue d'obtenir un CAP ou BEP (cf. supra). Il est toujours dispensé par un enseignant spécialisé. L'adaptation ou la spécialisation des enseignements consistent en des pratiques de différenciation et d'individualisation pédagogique, tout en maintenant un haut niveau d'exigence, en référence au socle commun de connaissances, de compétence et de culture. L'adaptation de l'enseignement a pour objectifs la maîtrise des méthodes et techniques de travail, la stabilisation des acquis et leur appropriation, la prise de conscience de ce qui conduit à la réussite. La spécialisation de l'enseignement correspond quant à

elle à la mise œuvre spécifique des objectifs prévus par le PPS en s'articulant donc à des aides et interventions à visée éducative et rééducative dont l'orchestration doit favoriser l'envie d'apprendre et l'adaptation des comportements en milieu scolaire comme dans la vie courante. Selon la nature des déficiences ou incapacités, les adaptations et compensations varient (langues des signes, apprentissage du braille, utilisation de système de communication augmentée, décomposition de tâches par pictogramme, système de développement de la motricité fine, *etc.*). Et, dans tous les cas, l'objectif est de promouvoir une marche progressive de l'élève vers la scolarisation individuelle partielle ou complète en enseignement adapté ou professionnel ou général et la conquête de son autonomie.

**Opportunités post-scholaires pour les étudiants ayant reçu un enseignement spécialisé.**

En post-scolarisation, les services de reconnaissance du handicap orientent vers deux types de dispositifs de placement selon la nature, la gravité de la situation du handicap : les services de placement en milieu protégé et les services d'insertion en milieu ordinaire. Le milieu protégé développé sous la pression ou à l'initiative des associations de parents accueille surtout les personnes présentant des déficiences intellectuelles ou cognitives majeures. Les maisons d'accueil spécialisées accueillent les plus handicapés. Aujourd'hui, organisé en réseau (Groupement national des Établissements et services d'aide par le travail), le travail en milieu protégé compte 135 000 travailleurs en situation de handicap répartis sur 2000 établissements dont 1400 sont des établissements spécialisés d'aide par le travail, et 600 autres sont des entreprises adaptées. Ce dispositif s'est surtout spécialisé dans les métiers de la sous-traitance. Le travail en milieu ordinaire s'est développé avec la mise en place du réseau Cap-emploi (réunissant 118 structures) qui délivre un service de proximité aux personnes en situation de handicap. Ses missions sont complétées par des agences privées de travail intérimaire spécialisées et des associations (ADAPT, JobBoard Handicaps, etc.) La loi oblige les entreprises depuis 1987 à recruter des personnes en situation de handicap à hauteur de 6% de leur personnel (ce seuil était avant de 10%). Pour autant, ce seuil n'a jamais été atteint en France, et le taux d'emploi s'élève à 4% et le taux de chômage des personnes en situation de handicap est encore aujourd'hui le double de celui de la population générale. La loi prévoit une sanction pour les entreprises non respectueuses de la loi en augmentant la contribution de celles-ci aux fonds publics spécialisés finançant les services de l'aide à l'emploi des personnes en situation de handicap.

### 1.4.2 Formation des enseignants/Préparation

**Exigences minimales pour être un enseignant de classe ordinaire.**

Pour être enseignant titulaire du 1er au 2nd degré, il faut posséder un diplôme de niveau I ou un master de l'enseignement, et être lauréat du concours académique (1er degré) ou

national (2nd degré) de recrutement des enseignants. Des enseignants sont aussi recrutés sans concours sur des contrats de vacataires. Les enseignants du 1er degré sont généralistes et ceux du 2nd sont spécialisés par domaine scolaire.

**Exigences minimales pour être un enseignant spécialisé/enseignant du milieu spécialisé.**

Les enseignants spécialisés sont des enseignants généralistes du 1er degré. Ils possèdent en plus un certificat complémentaire pour les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap (Capa-SH). Différentes options sont possibles pour ce certificat : celles à dominante pédagogique pour l'enseignement adapté et celles à dominante palliative ou rééducative pour un public ayant des déficiences sensorielles, motrices, et/ou cognitives. Les professeurs du 2nd degré peuvent également bénéficier d'une formation spécialisée pour valider un certificat complémentaire pour les enseignements adaptés et spécialisés.

**Types de personnel dans l'éducation spécialisée.**

Les enseignants spécialisés exercent soit comme enseignant référent pour un secteur géographique donné soit ils enseignent dans l'enseignement adapté ou un dispositif spécialisé. Dans tous les cas, ils appliquent ou veillent à l'application des dispositifs d'aménagement de la scolarité (PPS,PAP, *etc.*). En fonction des besoins analysés par la MDPH, la présence d'aides humaines (Auxiliaires de Vie Scolaires individuels, mutualisés ou collectifs) auprès de ces élèves concourt à rendre possible l'accomplissement de la scolarité. Les AVS bénéficient d'une formation d'adaptation à l'emploi de 60h afin de constituer une aide souple, disponible en fonction des besoins de l'élève. Depuis fin 2013, ils peuvent passer d'un contrat à durée déterminer à un contrat à durée indéterminée et bénéficier d'avancement selon des grilles indiciaires publiées par le MENESR. Un diplôme correspondant à leurs missions est en train de voir le jour.

**Nature des formations continues/développement professionnel proposé aux enseignants spécialisés/enseignants du milieu spécialisé.**

La formation continue des enseignants aux enjeux du handicap a été identifiée par le MENESR comme une priorité. La plateforme M@gistère [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015a], par exemple, dédiée à la formation continue des enseignants du 1er degré, comporte un module de formation consacré au handicap en général. En 2015, deux nouveaux modules ont été proposés aux enseignants : Scolariser les élèves autistes ou autres troubles envahissants du développement ; Scolariser les élèves avec des troubles spécifiques du langage et des apprentissages. De plus, le portail Éduscol du MENESR offre des ressources pour tout enseignant qui scolarise un élève en

situation de handicap dans le premier ou dans le second degré. Et, 4 nouvelles thématiques viennent d'être introduites : 1) la scolarisation des élèves présentant des troubles spécifiques du langage et des apprentissages ; 2) la scolarisation des élèves présentant des troubles envahissants du développement (TED) ; 3) la scolarisation des élèves présentant des troubles des conduites et des comportements ; et 4) des ressources disciplinaires pour scolariser les élèves en situation de handicap dans le 2nd degré.

### 1.4.3 Limites et perspectives.

**Obstacles à un enseignement spécialisé/services d'éducation spécialisés de qualité.**

Depuis ces dernières décennies, la France s'est clairement engagée dans la voie de la scolarisation des jeunes en situation du handicap. L'inclusion en milieu ordinaire est bien effective pour le 1er degré. Pour autant, pour le 2nd degré, la France s'inscrit plus dans l'option intermédiaire de « l'adaptation » via les établissements spécialisés ou les dispositifs spécialisés en milieu ordinaire. La France est donc encore loin de l'inclusion complète de tous en milieu ordinaire. Aussi, les chiffres concernant l'accès à l'enseignement supérieur sont assez alarmants en termes de pronostic de qualité de vie professionnelle des personnes en situation de handicap puisqu'il est établit en France que la stabilité de l'emploi est associée à un haut niveau d'études. Aussi, les parcours scolaires sont plus « chaotiques » chez ces jeunes : les redoublements, les échecs, les réorientations sont plus nombreux et cela participe à un vécu plus négatif du système éducatif. Plusieurs barrières sont à l'origine de ces constats. D'abord, les barrières physiques, il existe encore en France des établissements scolaires (1er et 2nd degrés) ne répondant pas aux normes d'accessibilité obligeant ainsi les élèves à porter une lourde charge quotidienne de transport (temps et sommeil perdu) ou à recourir à des dispositifs alternatifs de scolarisation. De nombreuses associations du handicap le dénoncent couramment. À ces barrières physiques, s'ajoutent les barrières culturelles, sociales et organisationnelles formant un mille-feuilles d'obstacles quotidiens auquel sont confrontés l'élève, sa famille et ses aidants professionnels. La culture du handicap en population générale en France est encore prédominée par les conceptions médicales et individuelles du handicap laissant la part belle au diktat de la normalité, terreau d'un côté, des préjugés et stigmates autour de la déficience (qu'il faut réparer et compenser *etc.*), et de l'autre, d'une revendication identitaire des personnes en situation de handicap fertile à la constitution d'un groupe social qui ne peut plus être ignoré. Même si une volonté politique du MENESR est déclarée aujourd'hui pour changer les choses, cette culture du handicap demeure latente chez les groupes d'acteurs actuels du système éducatif, et peut se manifester au quotidien par des attitudes de rejet voire de maltraitance à l'égard des personnes en situation de handicap, et ceci pourtant sans intention initiale de nuire : les élèves excluent celui qui est différent pour mieux revêtir la normalité socialement désirée , les professeurs n'adoptent pas suffisamment des pédagogies diversifiées pour assurer une égalité de traitement des élèves socialement désirée. Malheureusement, les forums de

parents d'élèves en situation de handicap rapportent encore des évènements révélant clairement le retard en France de l'assimilation d'une culture du handicap selon une approche biopsychosociale où la société et l'environnement social assument sa responsabilité dans la genèse du handicap. Si la loi de 2005 tente de forcer cette barrière culturelle et d'aiguiser une nouvelle conscience collective, d'autres obstacles sont présents, et notamment organisationnels. Le cloisonnement entre le système éducatif et le système sanitaire et médico-social concourent à des tensions entre priorité scolaire et priorité de soins, même si les pratiques partenariales indéniablement progressent. Les formations initiales ou continues des enseignants sont condensées et la part laissée au handicap demeure sommaire et incomplète. Bien que maintenant rattachées aux universités (depuis 2013), les écoles supérieures de Professorat et d'éducation ont longtemps fonctionné en vase clos sur leur territoire académique, tant et si bien que les approches « Instructional design » ou encore les approches plus récentes « Universal Design for learning » qui concourent à enrichir le répertoire des stratégies pédagogiques des enseignants selon les caractéristiques de l'apprenant sont très loin d'être généralisées et donc mises en pratique par les enseignants.

**Des perspectives prometteuses pour l'avenir.**

La France est l'un des tous premiers pays à avoir signé (2007) puis ratifié (2010) la Convention Internationale des droits des Personnes Handicapées. Et, une décennie après la loi de 2005 [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2005a], la situation en France en termes de scolarisation s'est considérablement améliorée, et en particulier d'un point de vue quantitatif. La marche de la France vers l'école inclusive attend à présent des progrès qualitatifs dont certains pourraient être raisonnablement atteints grâce aux récentes mesures (La loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République de 2013 [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2005b]) et incitatives du gouvernement. Au niveau des élèves, une sensibilisation au handicap fait partie intégrante du nouvel enseignement civique et moral instauré en 2013 et appliqué depuis 2015. Cela favorisera certainement le vivre-ensemble, la prévention contre les préjugés entre pairs, et donc la qualité de vie scolaire des élèves en situation de handicap. La qualification et la professionnalisation des AVS sont sans aucun doute un gage d'une meilleure qualité de l'accompagnement de l'enfant à sa scolarisation, et notamment en lui permettant de conserver le même accompagnant sur l'année voire sur sa scolarité lorsque c'est nécessaire. L'engagement de l'état à ouvrir plus de postes d'AVS est indéniablement un levier bénéfique à l'inclusion scolaire. Aussi, l'externalisation des unités d'enseignements des établissements spécialisés en milieu ordinaire est un espoir pour voir grandir le nombre d'enfants fréquentant le milieu ordinaire scolaire à défaut d'une participation sociale pleine et complète à ce milieu. La création initiée depuis 2014 de 100 unités d'enseignements spécialisées dont 90 pour les « Troubles du Spectre Autistiques» (TSA) pour la maternelle (soit une unité par département) révèle d'une part un meilleur dépistage de ces troubles en France et d'autre part la prise de conscience de

l'intérêt d'une prise en charge multidisciplinaire spécifique et précoce pour ce public. Préconisé par l'Unesco en 2012, l'investissement du MENESR dans le numérique est également source d'optimisme, même s'il faut garder raison quant aux progrès attendus. Le projet Accessibilité et adaptabilité des ressources numériques pour l'École du MENESR a permis de publier des recommandations aux auteurs et aux éditeurs de manuels scolaires pour les aider à produire des ressources numériques accessibles à tous les élèves. Aussi, le répertoire de matériels informatiques agréés par la MDPH s'est élargi : clavier braille, périphériques de transcription sensorielle adaptés, logiciels spécifiques *etc.*. Les programmes du 1er degré disponibles en braille sur tout le territoire sont une avancée comme le webservice du MENESR d'adaptation qui transforme les ressources et les renvoie aux élèves avec des troubles cognitifs sélectifs (de type "dys" : dyslexie, dysgraphie, *etc.*) sous la forme de documents déposés dans un format accessible. Le MENESR investit dans le développement d'outils spécialisés : *Logiral*, un ralentisseur de flux vidéo ; *Vis ma vue (StreetLab)*, jeu sérieux visant une simulation de déficiences visuelles à destinations des élèves non déficients visuels, *etc.* Et bientôt, le dispositif *Collège+* sur tablette numérique, un package d'applications de soutien à la primo-inclusion en classe ordinaire (prompteurs d'aide à la réalisation de comportements socio-adaptatifs et logiciels de rémédiation socio-cognitive pour les TSA au collège ; "http ://phoenix.inria.fr/research-projects/school") sera une démonstration de l'engagement du MENESR à développer des ressources psychoéducatives accessibles aux élèves en situation de handicap. Le portail EDUSCOL offrant des ressources pédagogiques pour les enseignants pour préparer des séquences d'enseignement accessibles s'enrichit au fil de l'eau, même si on est encore loin du compte notamment pour le 2nd degré. Le site-web Canal autisme à destination des enseignants, des parents et des autres professionnels accueille chaque année de nouvelles formations. Enfin, pour l'enseignement supérieur, les conférences inter-universités et la chartre Université-Handicap en 2012 sont prometteuses de progrès social concernant l'accès au haut niveau de certification des jeunes en situation de handicap : services d'accompagnement, accessibilité, aide à l'insertion professionnelle sont aujourd'hui identifiées et des allocations doctorales sont fléchées pour inciter les étudiants en situation de handicap à embrasser les métiers universitaires.

CHAPITRE

# 2 French school context, between compulsory schooling and special needs education system

*This chapter is the english version of the previous chapter describing the french school system. It has been published, on the demand of the editor, in the Handbook of International Special Education.*

## Sommaire


2.1 Overview of the Country . . . . . 20
2.2 Public Education System Overview . . . . . 22
2.3 Private School Education Overview . . . . . 25
2.4 Special Education/Special Needs Education System . . . . . 26
2.5 Teacher Training/Preparation . . . . . 32

## 2.1 Overview of the Country

### 2.1.1 Historical information.

France, a country in Europe, has seen its education system evolve throughout its history. From the French Revolution (1789) with the precursors of the state school, to the Imperial University (1806–1806) and its Grand-Maître [1], followed by the creation of the first Ministry of Public Instruction in 1828, until today, the history of education in France has been first and foremost a movement toward the democratization of access to education and confessional emancipation. In France, education has always been subject to politico-ideological (freedom of education, neutrality, secularism) and economic (cost of schools, children's economic value) issues. Citizens, families, the state and the institutions (religious, economic) are pressure groups that have enabled schooling for everyone, notably through the Jules Ferry laws in the nineteenth century, which introduced compulsory education for 6- to 13-year-olds, secular education, and access to education for women. In 1932, the Ministry of Public Instruction was renamed the Ministry of National Education to promote schooling equality, free education and sharing of a common citizenship culture. During the dark period of the Vichy government or again under the Fourth Republic, no significant change occurred. However, under the Fifth Republic, not only did the Constitution of 1958 stipulate that the "organization of compulsory public instruction that is free and secular at every level is the duty of the state" [Translation], but also, in the 1960s, the school system was reorganized. It went from being a multi-level system (primary, secondary, and even technical) intended for various types of clienteles (primary was for the working class and students were not intended to pursue further studies, while secondary school was for the middle and upper classes [2]) to a system divided into degrees. The 1st, or primary, degree consists of nursery school, or kindergarten, (ages 2–6 years) and elementary school (6–11 years); while the 2nd degree consists of college for its first cycle (11–15 years) and the lycée for its second cycle (15–18/19 years). Furthermore, in 1974, the Ministry of Education became responsible for higher education, which had been independent until then, to finally promote synergy between secondary and higher education, which is why it is now called the Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche [3] (MENESR).

### 2.1.2 Structure of the country.

A founding member of the European Union, France is located to the south of Europe's Atlantic coast, and its capital is Paris. Its official language is French, although certain dialects (Basque, Breton, Corsican, Occitan, *etc.*) are still practiced and taught as French heritage

1. Grand Master
2. While children from regular strata attended preparatory, elementary and intermediate courses, children from higher social strata attended, in the lycées, 11th-, 10th-, 9th-, 8th-, 7th- and, finally, 6th-grade courses.
3. Ministry of National Education, Higher Education and Research

in the schools up to the lycée. France is a semi-presidential constitutional republic (Fifth Republic). The Fifth Republic has been the most stable regime in France (since 1958). It is parliamentarian and qualified as semi-presidential due to the substantial power granted to the President of the Republic, who is elected by direct universal suffrage. There is separation of executive powers (the president and his government, which is composed of the prime minister and the ministers) and legislative powers (the parliament, which is composed of the national assembly and the senate), each of which can overturn the other. Since January 1, 2016, France's territories have been divided into 13 main administrative regions known as territorial collectivities (first-level administrative divisions). Their scope of intervention is vast, ranging from the management of the lycées to organizing transportation, but also economic development, training, research or even part of taxation. The second-level administrative division is that of the local collectivities, with its 101 departments. The departments also have various responsibilities, which are continuously growing with the decentralization of powers, including social and medico-social action (child protection, dependency or disability allowance, adult minimum income, preventative health), education (college only), culture (libraries, museums), transportation, economic development, *etc.* Additionally, a third territorial level, the commons, is deeply involved in the management of nursery and elementary schools (food services, daycare, extracurricular activities), especially since the 2013 school reform, which transferred responsibility for certain physical and cultural activities to the commons. Nonetheless, the teaching staff remain employees of the state.

### 2.1.3 Population.

According to the Institut National de la Statistique et des Études Économiques [4] [Institut National de la Statistique et des Études Économiques, 2016], France has 66.6 million inhabitants, of whom 64.5 million live in metropolitan areas and 2.1 million, overseas. This year, the population increased by only 0.4%, with a slight drop in births (France still has one of the best fertility rates in Europe) and a very large increase in deaths due to population aging. Population growth is still determined more by births than by migration movement.

### 2.1.4 Racial/ethnic composition. Racial/ethnic composition.

The notion of ethnic group does not legally exist in France, except on the territory of New Caledonia; consequently, there is no official census available. In fact, in France, the notion of ethnic group or national minority is anti-constitutional according to the principle of citizen equality.

4. National Institute for Statistics and Economic Studies

### 2.1.5 Literacy/numeracy data.

The literacy rate (understanding, reading and writing short phrases or doing basic calculations needed in daily life) of people over 15 years of age in France is 99% [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2015]. Meanwhile, a recent survey by the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) of 24 countries, including France, [Organisation de Coopération et de Développement Économiques, 2013] shows that 21.7% of French adults have the lowest level of literacy skills and 9.1% have the lowest level of numeracy, thus placing France very low on the podium. This disastrous showing is also true for basic information and communication technology skills. These numbers are even more worrisome because they conceal the substantial social disparities also reported in this survey. Furthermore, according to the latest official survey ("Information et vie quotidienne" survey, [Institut National de la Statistique et des Études Économiques, 2011]), 2.5 million people are functionally illiterate, that is, 7% of 18- to 65-year-old people having attended school in France. According to the MENESR, the 2014 evaluations conducted as part of the Defense and Citizenship Day (a compulsory civic day for those under 18 years of age), underscore the fact that, although 81.8% of youth 17 years or over are effective readers, 9.6% have difficulty reading, 4.1% of whom have great difficulty [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2014]. The illiteracy rate in France increases with age, up to 30% among those 56 years old or over. Also, the mother tongue of 70% of illiterate people is French, and 20% of minimum income recipients are illiterate.

## 2.2 Public Education System Overview

### 2.2.1 Description of compulsory schooling.

Since the Jules Ferry laws were introduced in 1881–1882, education has been free, secular and compulsory starting in primary school. This obligation applies to all French children and foreign children living in France who have turned 6 years old. Since 1959, this obligation has been extended to include 16-year-olds. Children are schooled either in an institution or by their family. The INSEE data indicate that between 2000 and 2013, nearly 100% of 6- to 16-year-olds attend school (ranging from 94 to 100% depending on the age range). In 2014–2015, more than 10 million students received a 1st and 2nd degree education in the public sector, in addition to another 2 million students in the private sector. Concerning those under 6 years old, the INSEE's data indicate a drop (from 34 to 12%), between 2000 and 2013, in the kindergarten education rate for 2-year-old children due to the schools' limited capacities. However, this rate is maximal and stable (between 100 and 98.5%) among 3 to 5-year-olds.

### 2.2.2 Funding.

According to the most recent numbers available from the MENESR [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015c], overall spending on education (including teaching and related activities, such as administration, food services, school transportation, textbooks, *etc.*) was estimated, for the year 2013, at 144.8 billion euros, which represents 6.8% of France's gross domestic product. Furthermore, 80.5% of public spending on education came from the state and the territorial collectivities, 11% from families, and 8.5% from companies.

### 2.2.3 Organizational structure.

In France, the organization and the administration of the entire education system are both centralized at the MENESR and decentralized in the academies. The MENESR action is complemented by other ministries, notably the ministry of agriculture for agricultural studies or the ministry of industry for engineering and technological studies. The MENESR administration is present in every region and every department. It is divided among 17 academic regions (which correspond to the new map of the regions introduced in January 2016, and for which the MENESR appoints an academic region rector), 30 academies (National Education administrative divisions headed by an academic rector also named by the MENESR), and 97 national education directorates (DSDEN) headed by academic directors from the national education department (DASEN). The goal of this so-called "deconcentrated" territorial network of services is to have local management of the institutions and effective implementation of the education reforms in accordance with territorial contexts, as well as users' and local partners' expectations. In fact, with the laws on decentralization (1982–1983 [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2012] and 2003–2004 [Direction de l'information légale et administrative, 2005]), territorial jurisdiction over education has increased, notably with respect to logistical aspects, since the state retains power over everything related to teaching (programs; school calendar; hiring of teaching, educational and supervisory staff, *etc.*). Therefore, the territorial collectivities perform material functions (buildings, food services, school transportation, *etc.*) with a financial contribution from the state, the regions and the departments. The public education department is under the responsibility of the commons for the 1st degree (pre-elementary and elementary) and of the departments and regions for the 2nd degree (colleges and lycées, respectively).

### 2.2.4 Graduation rate

In France, the education system is broken down into three degrees. The 1st degree corresponds to pre-elementary and elementary education, which is provided in primary schools to children from 2 or 3 years old to 11 years old. The 2nd degree comprises both

college[5] (1st cycle) for 11- to 15-year-olds and the *lycée*[6] (2nd cycle) for 15- to 18-year-olds. The 3rd degree corresponds to higher education, which is also delivered in the lycées (senior technician sections, preparatory classes for the *grandes écoles*[7]), as well as in *grandes écoles*, specialized schools or institutions, and in universities. For the 2nd degree, general education and vocational education must be differentiated. Certification in France begins in the 2nd degree with *the certificat de formation générale*[8] (CFG) for special education students or those with disabilities, and those having left school[9], or *the diplôme national du brevet*[10] (DNB) attesting to a mandatory common core of knowledge, skills and culture required to finish school. This certificate or diploma may be issued at the end of the general education cycle (four years of college) or a vocational studies cycle (vocational or technical *lycée*). According to the INSEE [Institut National de la Statistique et des Études Économiques, 2014], 5.6% of the population aged over 15 years have earned only this level-VI certification. General education continues at the lycée and leads to a baccalaureate, which certifies the end of 2nd degree studies (three years) and opens the door to higher education at the first university level. Vocational studies take place in vocational or technical *lycées*, and lead to a *certificat d'aptitude professionnelle*[11] (CAP), and potentially a vocational baccalaureate, the *brevet d'études professionnelles*[12] (BEP), which has become a simple intermediate certification as part of the 2009 reform of the vocational path. This path is intended to direct more students toward a level-IV certification (vocational baccalaureate). In 2014, the CFG, CAP and BEP represented level-V certification for 22% of those aged over 15 years. At the same time, 15% of those over 15 years old had only the baccalaureate level in France (level-IV certification). However, the proportion of graduates is increasing, since 66% of 25- to 34-year-olds earned their baccalaureate in 2014, and the proportion of baccalaureate holders in one generation reached 78.3%. The baccalaureate (general or vocational) is followed by the higher education diplomas, namely *the diplôme de licence*[13] (three years, Level II), master's (two years, Level I) and doctorate (three years) in accordance with the European Union's 2002 standardization of diplomas. Other modalities co-exist with short vocational studies lasting two years (*e.g., brevet de technicien supérieur*[14], *diplôme universitaire de technologie*[15], level-III diplomas) or three years (*licence professionnelle*[16], level-II diploma), and long ones lasting four years, in engineering sciences (title of engineer,

5. Junior high school
6. Senior high school
7. Elite
8. General education certificate
9. Notably inmates who are taking courses to acquire a skill during their detention.
10. National diploma
11. Certificate of competence
12. Certificate of vocational proficiency
13. Similar level to the bachelor's degree in North America
14. Senior technician diploma
15. University diploma in technology
16. Vocational license

level-I diploma), which students can usually enter further to a competitive exam after two years of post-baccalaureate preparatory classes. In 2014, only 11% of people over 15 years old had earned a short-cycle post-baccalaureate degree (2–3 years) and 14%, a long-cycle diploma (> 3 years).

## 2.3 Private School Education Overview

### 2.3.1 Percentage of school-age population attending private schools.

In 2014, according to the MENESR, 2,069,867 students attended private schools for the 1st and 2nd degrees, that is, approximately 17% of students in France. In 2011–2012, the number of private-sector institutions offering 1st and 2nd degree education was nearly 8,700, that is, about 14% of the total number of schools and institutions in France.

### 2.3.2 Types of private schools.

In France, the freedom of education plan defined by the Debré Act in 1959 provides for three types of private educational institutions, based on their legal and financial contractual relations with the state : 1) independent private institutions, which are free to choose the content taught ; 2) private institutions under simple contract with the state, free to recruit their teachers, who are private law workers but paid by the state ; and 3) private institutions under full contract with the state, whose teachers are public agents. Simple- or full-contract institutions represent 97.3% of the private sector, and all private institutions are subject to a MENESR inspection plan. Control over the compulsory educational content was reinforced by law in 1998. Public funding accounts for approximately 10% of the private sector cost.

### 2.3.3 Description of who attends and of the services provided.

Historically, private education in France was developed in the nineteenth century for affluent classes concerned with church-endorsed instruction. Today, most private 1st and 2nd degree institutions are still mainly confessional. The private sector represents 13.41% of 1st degree students and 21.24% of 2nd degree students with an underrepresentation of the underprivileged social classes (scholarship students) in the private sector (on average, 12.1% versus 26.4% in the public sector). Few children with disabilities (10 to 15%) or newly arrived allophone children attend private schools [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015d] ; the very nature of these institutions authorizes them to choose which students to accept or refuse. There is a large number of very specialized private institutions providing higher education, and they are rarely confessional. Their tuition fees are often very high.

## 2.4 Special Education/Special Needs Education System

### 2.4.1 Current legislative mandates.

In member states of the European Union, there are three different special education policies [Noury et Segal, 2003] : 1) single-option countries that have committed to inclusive education by providing special services (Sweden, Norway, Spain, Greece, Italy, Portugal) ; 2) countries with two education levels (regular and specialized), often governed by different legislations (Germany, Belgium, Netherlands) ; and 3) multiple-approach countries, including France, which develop intermediate formulas with full-time special classes or mechanisms or that entail cooperation between regular and special facilities (England, Austria, Finland, Denmark). More specifically, in France, education involving school adjustment and schooling of children with disabilities in the 1st and 2nd degrees falls under the authority mainly of the MENESR but also of the Ministère de la Santé et des Affaires Sociales [17] (MSAS). Act no. 2005-102 [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2005a] states that any child with a disability is legally a student. La loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République of 2013 [18] [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2005b] recognizes the principle of inclusive school for all children [19], without distinction. These two laws are essential in France's policy on schooling of students with disabilities. The Commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées [20] (CDAPH), which works within the Maisons Départementales des Personnes Handicapées [21] (MDPH), makes decisions regarding the direction and assistance to be provided, in response to the requests of people with disabilities or their representatives, and establishes a personal compensation plan (PPC), which includes notably a personalized schooling plan (PPS). The application files are examined, at the MDPH, by multidisciplinary evaluation teams (EPE), which include doctors, teachers, occupational therapists, psychologists, social workers, among others. National education implements the CDAPH's decisions, with respect to academic orientation, allocation of human assistance or teaching materials. Since 2014, several decrees have modernized the procedures and tools designed to better assess the needs of students with disabilities : actors' roles, creation of standardized tools (Guide to assessing compensation needs in terms of schooling - GEVASCO [Intégration Scolaire et Partenariat, 2015]), and modification of the composition of the MDPH multidisciplinary team. Besides the PPS, which targets students with disabilities, there are other mechanisms for supporting students with particular educational needs : the individualized assistance plan (PAI) with schooling arran-

17. Ministry of Health and Social Affairs
18. Act concerning orientation and programming for the reform of the School of the Republic
19. Children with learning difficulties and with disabilities, as well as allophone children, traveler children, *etc.*
20. Commission on the Rights and Autonomy of Persons with Disabilities
21. Departmental Centers for Persons with Disabilities

gements, and medical and emergency protocol for sick children and adolescents integrating the community, chronic pathology carriers, those with food intolerances and allergies; the personalized assistance plan (PAP) with pedagogical arrangements and adjustments for students with learning disorders (specific types of learning disorders, attention-deficit disorders with or without hyperactivity [ADHD or ADD], or depressive states); and the personalized program for academic success (PPRE) with diversified and differentiated teaching for students having difficulties in school. In cases of persistent school difficulties, students in the two school degrees are eligible for adapted teaching : those in the 1st degree may be taught by specialized teachers from the Réseau d'aide spécialisé aux élèves en difficulté (RASED) [22]. Each of these RASEDs is connected to a national education inspector in charge of the first degree sectors (IEN-CCPD) and is composed of three to five school psychologists and a variable number of specialized teachers responsible for educational aid (work on learning difficulties, notably methodological and metacognitive ones), remedial assistance (work on the ability to be a student, to abide by the school's structure and rules, to be part of a group, to test one's physical limitations, and to learn to integrate a group). These RASEDs are integrated in the sectorial resource centers, where there are special education teachers from the RASED, educational counselors, remedial teachers responsible for monitoring the schooling of students with disabilities, and teachers specialized in normal information and communication techniques, educating in the French language (for allophone children), teaching traveler children, *etc.* These various clienteles are concerned with the concept of inclusive school. Second degree students with permanent and persistent learning difficulties may be eligible for special education. This decision will be made by the education director of each department, as part of the work performed by the departmental commission for special education orientation (CDOEA). They will then be taught in the general and pre-vocational special education section (SEGPA), from grade 6 to 3, in a college or a regional adapted teaching institution (EREA/LEA), generally from 6th grade in CAP / *lycée* special education classes, for post-3rd classes or from the 3rd preparatory for the vocation path). With the school reform that is underway, grade 6 students will have the possibility of being pre-referred to the SEGPA but their final orientation will be effective only in year n+1, as per the CDOEA's decision. The aim of this mechanism is to reduce the number of segregated paths as much as possible and to promote inclusive schooling. The EREA/LEAs recruit regionally and thus usually have boarding schools. Students receiving adapted teaching are provided with individual training plans.

### 2.4.2 Age range for special education/special needs education.

In France, free education for students with disabilities covers the period from age 3 to 16 years, which may, however, be prolonged to age 20. Free care is also offered to children under 3 years old through health and medico-social services. After age 18, the students either study

22. Network of specialized assistance for students with difficulties

in a regular setting and pursue a higher (general or vocational) education or they receive vocational training in specialized medico-social facilities. Population of students eligible to receive special needs education. In European Union member states, the percentage of children with disabilities is estimated at 2% of the total population of school-age children [Noury et Segal, 2003]. Nearly 20,000 school-age children do not attend school (Senate report, 2012). According to the Repères et statistiques report by the MENESR [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015d], 330,200 children or adolescents with disabilities were being schooled in 2014, a 6.2% increase compared with the previous school year. Three quarters of the students concerned are schooled in regular settings and the other quarter, in specialized institutions. In 2014, an additional 20,800 students were schooled in regular settings, 7% of them in the 1st degree and 11.2%, in the 2nd degree, for a total increase of 8.7% (versus 6% in 2013), and the drop observed in specialized institutions was confirmed ( 1.6%). Schooling in special classes in regular settings is growing more slowly in the 1st degree than in the 2nd degree (1.5% and 11.9%, respectively). Schooling modes depend on the disabilities. Students with intellectual or cognitive disabilities account for almost half of the students with disabilities (42%) in the 1st and 2nd degrees. The majority of them are taught in regular settings (> 70%) but in special classes (59,200 students versus 46,400 students in regular classes), and they represent 46.1% of enrolments in hospital or medico-social institutions. They thus seem to have more difficulty with regular schooling. Students with psychological or psychiatric disorders represent 21% of the students with disabilities, and those with language and speech disorders represent 13%. In both cases, most of the students are integrated in regular settings and classes (> 70%). Sensory disturbances (hearing, vision) represent 4.7% of disability situations in the schools, motor disorders represent 7.5%, visceral deficiencies represent 2.7% and other disorders, 2.6%. The vast majority of students in these four situations are taught in regular settings and classes (> 80%). Children with multiple associated disorders represent 7.8%, and the majority attend regular classes in regular settings (> 60%). Finally, children with multiple disabilities represent 0.4% of the total clientele and are all in specialized institutions.

### 2.4.3 how students are identified.

Severe sensorial, motor or intellectual disabilities are generally detected very early, by medical actors. Centers for early medico-social assistance (CAMSP), which are most often located in a hospital, are designed to facilitate the screening, diagnosis and remedial education of children under 6 years of age. For other types of disabilities, schools are often the first to detect the difficulties. The difficulties are then closely observed and discussed with the student's parents, who receive assistance from the education team (teachers, school directors, national education doctors, school psychologists, *etc.*) in learning about the disability. The parents of students with disabilities are assisted in applying to the MDPH for compensation. Guidance for the parents by the education teams and national education doctors is fundamental for learning about the difference, recognizing the disability, and then

building an academic path adapted to the particular learning needs. Doctors are expected to help the teachers to gain a good understanding of each student's specific needs, and it is up to the teachers to select, or even invent, teaching and didactic strategies adapted to these specific needs.

### 2.4.4 Where special education/special needs education services are provided.

Children with disabilities are schooled either part time or full time in regular and/or adapted settings, and/or in a protected area in a specialized (hospital or medico-social) institution. In regular settings, for the 1st and 2nd degrees, schooling may be "individual" (the student attends a regular class) or "collective" (the student attends a special school-inclusion class), supported or not by certain compensations (human assistance or adapted teaching materials). Some students with disabilities may benefit from adapted teaching, and they will be referred for these services by the MDPH, as part of the development of their PPS by the EPE and of its validation by the CDAPH. "Collective schooling" involves special arrangements, such as localized school inclusion units (ULIS). These inclusive facilities located in regular settings have a theoretical capacity of 12 students for the 1st degree and 10 students for the 2nd degree. The students, whose academic path is defined in their PPS, receive an education tailored to their specific needs from a specialized teacher and have inclusion time in regular classes. In adapted settings, the students are schooled in the general and adapted teaching sections (SEGPA) and the regional adapted teaching institutions (EREA). The latter type of institution includes a boarding school that more than half of the students attend. On average, the capacity is eight boarders, and 25 day boarders. SEGPA students are educated by teachers from colleges, schools specialized in managing school difficulties, and vocational lycées for pre-vocational studies in five fields (housing, rural land – environment, sales-distribution-warehousing, health-food-services, industrial production). In EREAs, vocational studies are more diversified and focused, like in vocational lycées, on specific trades (bricklaying, mechanics, horticulture, hairdressing, *etc.*). In protected settings, specialized medico-social and health institutions provide global, academic, educational and therapeutic management, which may also include partial school inclusion in some cases. Among the medico-social facilities, the medico-educational institutes (IME) take care of children and adolescents with intellectual or cognitive disabilities. IMEs function as boarding schools, day schools, and day-boarding or temporary accommodations. They are specialized according to the degree and type of disability that they manage. Therapeutic, educational and pedagogical institutes (ITEP) deal more with children who have behavioral disorders. Other types of institutions focus on motor or sensorial disabilities. Finally, the health facilities also teach according to multiples formulas : 1) home hospitalization in the child's own environment; 2) the most common one, day hospitalization, where schooling can be provided as part of the hospital services by a public-sector teacher, through televised

teaching or through specific sequences in a school; and 3) full-time hospitalization, during which schooling and socialization activities are offered to the child or adolescent by 1st and 2nd degree specialized teachers whom the MENESR makes available to the hospital facility. Besides these mechanisms, the Centre national d'enseignement à distance [23] (Cned) offers a public distance education service. For 6- to 16-year-olds, the Cned offers specific arrangements related to the PPS that may include home intervention by a private remedial teacher paid by the Cned.

**Focus of services/intervention/curriculum.**

In France, global management of children with disabilities includes three fields of intervention : educational (refers to special education), teaching (refers to schooling) and therapeutic (refers to caregiving). With regard to schooling, like all students, children with disabilities have learning objectives. These objectives are based on the school programs in effect and the common core of knowledge, skills and culture. Meanwhile, teaching and therapeutic plans are defined based on the needs identified by the MDPH's multidisciplinary team and are translated into the personalized compensation plan (PPC), the personalized coaching plan (PPA) or the individual coaching plan (PIA). The PPS, which is an integral part of the PPC and of the PIA or PPA, specifies the academic orientation, the potential use of human assistance or adapted teaching materials and, finally, the pedagogical arrangements. The duties of the educational component are vast : development of socio-educational, cultural and sports activities; citizenship and recreational education; participation in the management of the individual education plan; and guidance through the social and vocational insertion process. Also provided for are financial and material resources : education allowance for children with disabilities, disability card, and specialized transportation for the school year. All these assistive measures are in place to support the students' life plan

### 2.4.5 Related services.

The two most important specialized services are the medico-psychological centers (CMPs) and the special education and homecare services (SESSAD), which are free, multidisciplinary and geographically sectored. CMPs provide combined services from health professionals (doctors, psychiatrists, nurses, psychologists, occupational therapists, psychomotor therapists, speech therapists, specialized educators, social workers) who are specialized either in "children" or "adults." SESSADs provide specialized support to children and adolescents who remain in their regular living and educational environment. SESSADs are often specialized by type of disability (sensorial, motor, cognitive, *etc.*). Care and remedial education may also be provided by other departments (hospital-based consultations in such sectors as infant-juvenile psychiatry, day hospitals, *etc.*) or by private practitioners.

23. National Center for Distance Teaching

### 2.4.6 Graduation rate for students with disabilities.

In 2014, among the population of children with disabilities being schooled, 65.71% were educated in the 1st degree, 32.85% in the 2nd degree, and 1.4% at an undetermined level. These figures conceal the fact that in specialized institutions, eight out of ten students have an education level equivalent to the 1st degree, which indicates a significant academic delay. This finding is consistent with the broader one from the Cneso (Conseil national d'évaluation du système scolaire [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015b]), which notes that although nearly all 3- to 5-year-old children with disabilities in France are educated in a regular school; the same is true for 80% of those aged 12; for slightly more than 60% of those aged 15; and for only 44% of those aged 18. These children rarely pursue a higher education : only 6% of 20- to 24-year-old youth with disabilities have higher education diplomas.

### 2.4.7 Prevalent practices used in special education services.

Adapted teaching (SEGPA and EREA) or special education (ULIS in regular settings and teaching units for protected settings) offer schooling adapted as closely as possible to the students' needs and most often targets a future direction toward vocational studies in view of earning a CAP or a BEP. It is always provided by a specialized teacher. Adapted or specialized teaching consists in pedagogical differentiation and individualization practices, where high-level requirements concerning the common base of knowledge, skills and culture are maintained. The objective of adapted teaching is the mastering of work methods and techniques, stabilization and assimilation of the lessons learned, and awareness-building of what leads to success. Meanwhile, specialized teaching corresponds to the specific implementation of the objectives laid out in the PPS. It is structured around educational and remedial aids and interventions that must be orchestrated to foster the desire to learn and the adaptation of behaviors in school settings and in daily life alike. The adaptations and compensations (sign language, learning of braille, use of an enhanced communication system, decomposition of tasks by pictogram, system for developing fine motor skills, *etc.*) vary according to the nature of the disabilities or inabilities. The objective is always to help the students to progress toward partial or complete individual studies in an adapted vocational or general program and to develop their autonomy.

### 2.4.8 Post-School Options for Students Receiving Special Education/Special Needs Education Services.

Post-school disability-recognition services lead to two types of placement arrangements—placement in protected settings or insertion in regular settings—depending on the nature and severity of the disability. Protected settings developed due to the pressure or initiative of parents' associations cater mostly to people with major intellectual or cognitive

disabilities. Specialized care homes accommodate those with the most disabilities. Today, organized in a network (national group of institutions and assistance services through work), 135,000 workers with disabilities are employed in protected settings spread across 2000 institutions, of which 1400 are specialized occupational assistance institutions and another 600 are adapted companies. This mechanism concerns mostly subcontracted trades. Work in regular settings has developed with the implementation of the Cap emploi network (comprising 118 facilities), which delivers proximity services to people with disabilities. Its missions are fulfilled by private interim-employment agencies and associations (ADAPT, JobBoard Handicaps, *etc.*). Since 1987, the law has required that 6% (previously 10%) of employees recruited by companies must be people with disabilities. Yet, this minimum has never been attained in France, the employment rate is 4%, and the unemployment rate today for people with disabilities is still double that of the general population. Companies that do not abide by the law are subject to sanctions involving an increase in their contribution to specialized public funds intended to finance employment assistance for people with disabilities.

## 2.5 Teacher Training/Preparation

### 2.5.1 Minimum requirements to be a general education teacher.

The requirements to become a tenured 1st and 2nd degree teachers are to have earned a level-one teaching diploma or a master's in education and to have won the teacher-recruitment academic (1st degree) or national (2nd degree) exam. Teachers are also recruited without competitive exams for specified-period contracts. First degree teachers are generalists and 2nd degree teachers are specialized by school subject.

### 2.5.2 Minimum requirements to be a special education/special needs education teacher.

In addition to being 1st or 2nd degree generalist teachers, special-education teachers hold a *certificat d'aptitude professionnelle*[24] in adaptive aids, adapted teaching and schooling for students with disabilities (CAPA-SH) for the 1st degree or a complementary certificate in adapted teaching and schooling of students with disabilities for the 2nd degree (2CA-SH). Various possible versions exist of this certificate : those that are dominantly pedagogical for adapted teaching and those centered on the specificity of one disability for a clientele with sensorial, motor, and/or cognitive disabilities.

24. Certificate of competence

### 2.5.3 Types of special education personnel.

Specialized educators either practice as remedial teachers for a given geographic sector or they work in adapted teaching or in a specialized facility. In all cases, they apply or ensure the application of the schooling arrangements (PPS; PAP, *etc.*). Depending on the needs assessed by the MDPH, the presence of human assistance (individual, mutualized or collective school life assistants; AVS) helps make schooling possible for these students. An AVS receives 60 hours of employment adaptation training in order to provide flexible assistance, available in accordance with the student's needs. Since the end of 2013, an AVS can go from a determinate contract to an indeterminate one and be promoted based on index-based grids published by the MENESR. A diploma corresponding to their missions is currently being developed.

### 2.5.4 Nature of in-service training/professional development provided to special education/special needs education teachers.

Teachers' continuing education on issues related to disability has been identified as a priority by the MENESR. For instance, the Magistère platform [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015a], dedicated to the continuing education of 1st degree teachers, includes a training module devoted to disability in general. In 2015, two new modules were proposed to teachers : schooling students with autism spectrum disorders or other pervasive developmental disorders; and schooling students with specific language and learning disorders. Furthermore, the MENESR's Éduscol portal offers resources for any teacher schooling a student with disabilities in the first or second degree. Moreover, four new themes have just been introduced : 1) schooling of students with specific language and learning disorders; 2) schooling of students with pervasive developmental disorders; 3) schooling of students with conduct and behavioral disorders; and 4) disciplinary resources for schooling students with disabilities in the 2nd degree.

### 2.5.5 Limitations and perspectives.

**Barriers/Issues to Providing Quality Special Education/Special Needs Education Services.**

In recent decades, France has clearly embarked on the road to schooling youth with disabilities. Inclusion in regular settings is very effective for the 1st degree. However, for the 2nd degree, France has opted rather for the intermediate option of "adaptation" through specialized institutions or special arrangements in regular settings. France is thus far from complete inclusion of everyone in regular settings. Additionally, the numbers concerning access to higher education are rather alarming in terms of the prognosis for a quality work life for people with disabilities, since it has been established in France that employment

stability is associated with higher education levels. Also, these youth's academic paths are relatively "chaotic" : grade-repeating, failing, and more reorientations, which contribute to a more negative experience of the education system. Several barriers are at the origin of these findings. First, there are the physical barriers, such as non-compliance with accessibility standards in some educational institutions in France (1st and 2nd degrees), such that students are heavily burdened by the need to travel every day (loss of time and sleep) or to use alternative schooling arrangements. Many disability associations frequently denounce the situation. In addition to these physical barriers are cultural, social and organizational barriers creating multiple layers of obstacles encountered daily by the students, their families and their professional caregivers. The disability culture in the general population in France is still predominated by medical and individual conceptions of disability leaving the door open for the diktat of normality, a breeding ground, on the one hand, for prejudice and stigmatism surrounding disability (that must be repaired and compensated for *etc.*) and, on the other hand, for the assertion of an identity by people with disabilities ripe for the constitution of a social group that can no longer be ignored. Even if the MENESR declares its political will today to change things, this disability culture remains latent among the current groups of actors in the education system, and can be manifested daily through attitudes supporting rejection or even maltreatment of people with disabilities, yet without any initial intention of hindering : students exclude those who are different to better assume socially desirable normality, and teachers do not adopt sufficient diversified teaching to ensure a socially desirable equal treatment of students. Unfortunately, the forums of parents of students with disabilities still report events that clearly reveal France's delay in assimilating a disability culture based on a biopsychosocial approach where the society and the social environment assume their responsibility in the genesis of disability. While the 2005 law attempts to force this cultural barrier and to stimulate a new collective conscience, other obstacles, notably organizational ones, are present. The divide between the education system and the health and medico-social system contributes to tensions between academic and caregiving priorities, even if joint practices are undeniably progressing. The initial or continuing education of teachers is condensed, and the portion left for disability remains summary and incomplete. Although now linked to the universities (since 2013), higher education institutions offering teaching and education programs have long worked in isolation on their academic territories, so much so that the approaches based on instructional design or the more recent universal design for learning—which help enrich teachers' repertory of educational strategies to be selected according to the learner's characteristics—are a far cry from being generalized and thus implemented by teachers.

### 2.5.6 Promising Trends in the Future.

France is one of the very first countries to have signed (2007) and then ratified (2010) the *International Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. And, one decade after the Act of 2005 [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche, 2005a], the schooling situation in France has improved considerably, particularly from a quantitative perspective. France's pursuit of inclusive school now awaits qualitative progress, some of which could be reasonably achieved through recent government measures [Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2005b] and incentives. At the student level, building an awareness of disability is an integral part of the new civic and moral education introduced in 2013 and implemented since 2015. This will surely promote togetherness, prevention against prejudice between peers, and thus the quality of school life for students with disabilities. The qualification and professionalization of AVSs will undoubtedly lead to an improvement in the quality of academic coaching for the children, as will the possibility of keeping the same coach for the year or even throughout their schooling, when necessary. The state's commitment to opening more AVS positions will undeniably serve as a lever for school inclusion. Also, the outsourcing of teaching units of specialized institutions in regular settings gives hope that, failing full and complete social participation in this environment, the number of children attending regular school settings will grow. The creation, since 2014, of 100 specialized teaching units, including 90 for autism spectrum disorders for kindergarten (one unit per department) is an indication, firstly, of better screening for these disorders in France and, secondly, of a growing awareness of the relevance of early, multidisciplinary management specifically for this clientele. Advocated by UNESCO in 2012, the MENESR's investment in digital technology is also a source of optimism, although expectations for progress must be kept within reason. Thanks to the MENESR's project for accessibility and adaptability of digital school resources, recommendations have been published for authors and publishers of school books to help them produce digital resources that are accessible to all students. Furthermore, the list of computerized materials certified by the MDPH has grown : braille keyboard, adapted sensorial transcription peripherals, specific software, *etc.* First degree programs available in braille throughout the territory are some of the advances made, along with the MENESR's web service that converts the resources and returns them in a document format accessible to students with selective cognitive deficits (dyslexia, dysgraphia, *etc.*). The MENESR is investing in the development of specialized tools : *Logiral*, a video-speed reducer; *Vis ma vue (StreetLab)*, a serious game designed to simulate visual disabilities for students without visual deficiencies, *etc.* And coming soon is *Collège+* on digital tablet, a set of applications to support primary inclusion in regular classes (prompting to assist in the performance of socio-adaptive behaviors and socio-cognitive remedial software for people with ASD in college; http ://phoenix.inria.fr/research-projects/school) will demonstrate the MENESR's commitment to developing psychoeducational resources accessible to students with disabilities. The enhancement of the EDUSCOL portal, which provides teachers with pedagogical resources for preparing accessible teaching sequences, is underway, even though there is still a long way to go, especially for the 2nd degree. The Canal autisme website designed for teachers, parents and professionals receives new training courses every year. Finally, for higher education, inter-university conferences and the 2012 *Charte*

*Université-Handicap*[25] are promising measures for social progress with respect to access to higher certification levels for youth with disabilities : coaching services, accessibility, and vocational insertion assistance have now been identified, and doctoral allowances have been earmarked to entice students with disabilities to take on university trades.

25. University-Disability Charter

PARTIE 1

# PARTIE THÉORIQUE

CHAPITRE

# 3 Description clinique des TSA : un enjeu de santé publique

*Ce chapitre a pour objectif de fournir une description clinique actuelle des troubles du spectre autistique (TSA) à partir de l'évolution des critères diagnostiques, en passant par les données épidémiologiques et leur étiologie complexe, pour termienr sur les conséquences socio-adaptatives d'un fonctionnement socio-cognitif atypique.*

## Sommaire


3.1 Diagnostic des TSA . . . . . **40**
3.2 Épidémiologie : prévalence et comorbidités . . . . . **43**
3.3 Étiologie : facteurs génétiques et environnementaux . . . . . **47**
3.4 Des comportements socio-adaptatifs limités pour un fonctionnement sociocognitif atypique . . . . . **49**

## 3.1 Diagnostic des TSA

La dernière version du Manuel Diagnostique et Statistique des troubles mentaux proposée par l'Association Américaine de Psychologie consacre une catégorie diagnostique à part entière aux « Troubles du Spectre Autistique » (TSA) (DSM-V, [American Psychiatric Association, 2013]) remplaçant l'ancienne terminologie de « Troubles Envahissant du Développement » (TED) (DSM-IV-TR, [American Psychiatric Association, 2000]). Cette terminologie existe également dans le chapitre F de la Classification Internationale des Maladies version 10 proposée par l'Organisation Mondiale de la Santé [Organisation Mondiale de la Santé, 2002].

### 3.1.1 Évolution du diagnostic

Le passage des TED aux TSA reflète un consensus scientifique sur le fait que ce qui était précédemment considéré comme quatre pathologies distinctes au sein des TED (Autisme, Syndrome d'Asperger, Trouble désintégratif de l'enfance et Troubles Envahissant du Développement-non spécifiés) ne sont en réalité qu'une seule (TSA), dont la sévérité du degré symptomatologique varie dans les deux domaines centraux du diagnostic. Ainsi, le DSM-V introduit la notion de « spectre » pour rendre compte de la diversité des profils et des trajectoires développementales. Ce choix a également été motivé par l'utilisation excessive de l'ancienne catégorie « Troubles envahissants du développement non-spécifiés » par les professionnels. Cette catégorie rassemblait alors des formes cliniques variées impliquant en pratique des besoins très différents [Volkmar et Reichow, 2013]. Pour finir, le DSM-V place définitivement les TSA dans la catégorie des troubles neuro-développementaux, au profit d'un modèle étiologique plus complexe prenant en compte les principaux résultats des recherches actuelles en neurosciences.

### 3.1.2 Critères diagnostiques

La précédente version du DSM (*i.e.*, DSM-IV-TR) définissait les TED à travers une « triade autistique », rendant compte des altérations de la communication, des interactions sociales ainsi que de la présence de comportements stéréotypés et d'intérêts restreints. Sur la base de recherches rapportant des corrélations élevées entre déficits de communication et troubles des interactions sociales [Lord et Jones, 2012], le DSM-V propose désormais une dyade de troubles dans le diagnostic des TSA, qui rassemble les altérations de ces deux domaines sous le terme « troubles de la communication sociale » (1) (critère A). Le second volet de la dyade conserve les « comportements restreints et répétitifs » (CRR) (2) (critère B) (voir Figure 3.1). Notons que si les critères principaux du diagnostic sont conservés par rapport aux précédentes classifications, la notion de manifestations sensorielles atypiques est ajoutée dans le domaine des CRR. Les études rapportent notamment une hyper et/ou hypo-sensorialité ainsi que des compétences sensorielles augmentées [Ausderau *et al.*,

2014]. Contrairement aux difficultés de langage, les CRR font partie des critères distinctifs de l'autisme. Ainsi, un diagnostic TSA ne pourra être posé sans leur présence. Dans le cas de leur absence, le DSM-V a fait naitre une nouvelle catégorie diagnostique : celle du trouble de la communication sociale. En plus de la présence de la dyade de troubles qui constitue ses critères principaux, le diagnostic de TSA repose sur 3 critères complémentaires. En effet, les troubles doivent être présents dès la période précoce de développement, même s'ils peuvent ne se manifester pleinement que lorsque les capacités limitées ne permettent plus de répondre aux exigences sociales (ou être masquées plus tard par des stratégies apprises) (critère C). D'ailleurs, le diagnostic inclut également l'impact des perturbations de la dyade dans le domaine social, professionnel, ou bien d'autres domaines de la vie quotidienne de la personne (critère D). Enfin, le diagnostic de TSA peut être posé uniquement si l'ensemble de ces perturbations ne peut pas être mieux expliqué par un retard de développement ou une déficience intellectuelle (critère E).

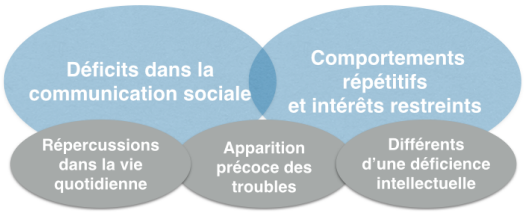



FIGURE 3.1 – Critères diagnostiques des TSA selon le DSM-V.

Ainsi, le diagnostic de TSA repose sur une évaluation pluridisciplinaire des 5 critères susmentionnés (Figure 3.1), à partir desquels des prises en charges adaptées pourront être proposées. Une cotation de la sévérité de la symptomatologie de la dyade, sur un continuum allant de 1 à 3, établit le degré de soutien nécessaire à la personne. Cette description en termes de besoins de prise en charge traduit l'orientation plus pratique du DSM-V et insiste sur les liens étroits entre démarche diagnostique et interventions thérapeutiques, éducatives et pédagogiques.

### 3.1.3 Outils diagnostiques

Le diagnostic de TSA est avant tout clinique et repose à la fois sur l'étude du développement de l'enfant, typiquement à travers le point de vue de la famille, et sur une évaluation fonctionnelle de l'enfant, par des observations directes de ce dernier en situation. Concrètement, 3 outils sont classiquement utilisés pour poser un diagnostic de TSA : l'Autism Diagnostic Interview, l'Autism Diagnostic Observation Schedule et la Childhood Autism Rating Scale.

***L'Autism Diagnostic Interview – version révisée (ADI-R) [Lord* et al.*, 1994].*** L'ADI [Le Couteur *et al.*, 1989] est un entretien semi-structuré avec les parents d'enfants ou d'adultes pour qui l'autisme ou les TED constituent un diagnostic potentiel. Il s'agit à la fois de retracer l'histoire développementale de l'enfant et d'aborder le profil clinique lorsqu'il se présente au moment de l'entretien. Cette version révisée, a été réorganisée et raccourcie pour être appropriée à des enfants à l'âge mental avoisinant les 18 mois jusqu'à l'âge adulte. Elle est directement liée aux critères diagnostiques du DSM-IV et de la CIM-10. Ainsi, elle permet de statuer sur la présence actuelle ou passée de particularités dans les domaines de la communication, des interactions sociales et de la flexibilité cognitive et comportementale (intérêts restreints et comportements stéréotypés). Lord *et al.* rapportent une grande fidélité inter-juges, équivalente à la version précédente (kappas allant de .62 à .89) ainsi qu'une forte consistance interne [Lord *et al.*, 1994]. Sa fiabilité est bien établie pour poser un diagnostic à 3 ans. En revanche, pour les enfants de moins de 3 ans, l'ADI-R présente 30% de faux positifs et 27% de faux négatifs [Lord *et al.*, 1994].

***L'Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS) [Lord* et al.*, 2000].*** L'ADOS est une évaluation basée sur une observation semi-structurée de la personne en situation, à partir de 2 ans et jusqu'à l'âge adulte. Elle propose des activités standardisées qui permettent à l'examinateur de coter l'occurrence ou non de comportements sur lesquels reposent le diagnostic TSA selon les classifications internationales. Celui-ci sélectionne un des 4 modules d'activités standardisées proposés en fonction du niveau langagier de la personne et de son âge chronologique. La session est enregistrée, et les cotations réalisées à la fin de celle-ci. Les scores obtenus sont ensuite traités par un algorithme qui fournit un score total, interprété selon un seuil correspondant au diagnostic de TSA selon les critères des classifications internationales. Les auteurs rapportent une « excellente fidélité inter-juges et consistance interne, soulignant la fiabilité de l'ADOS pour différencier un diagnostic TSA d'un non-TSA, notamment sur les troubles spécifiques du langage.

***La Childhood Autism Rating Scale (CARS) [Schopler* et al.*, 1980].*** La CARS est une échelle diagnostique permettant, à l'inverse des ADI et ADOS, d'évaluer la sévérité des troubles autistiques sur 14 items figurant les domaines habituellement perturbés (*e.g.*, relations sociales, imitation, réponses émotionnelles). Un quinzième item relate les « impressions générales », notant globalement le degré d'autisme, tant sur le plan quantitatif que qualitatif des comportements de la personne. Chaque item est coté sur un continuum allant de 1 (« normal ») à 4 (« sévèrement anormal ») par rapport aux attendus en fonction de l'âge de la personne. Le score total obtenu (maximum 56) représente la somme des 14 premiers items. Un score total compris entre 30 et 36 correspond à un niveau modéré de troubles tandis qu'un score total supérieur à 36 correspond à des troubles sévères. Les auteurs rapportent une grande fiabilité (alpha=.94) et une grande fidélité inter-juges (kappa=.71).

### 3.1.4 Impact sur la recherche et la clinique

La nouvelle terminologie de « Troubles du Spectre Autistique » a été largement acceptée par la communauté scientifique (12631 résultats de publications scientifiques pour une recherche « autism spectrum disorders » dans la base de données PubMed). La littérature rapporte la forte validité de cette nouvelle classification pour différencier les TSA des non-TSA (spécificité élevée) [Frazier *et al.*, 2012 ; McPartland *et al.*, 2012]. En revanche, certaines limites on été identifiées quant à la faiblesse de ses critères pour décrire les individus au sein du même du groupe (sensibilité limitée), notamment pour les formes d'autisme de plus haut niveau de fonctionnement. Dans une étude de 2012, McPartland *et al.* avancent notamment que seulement 25% des personnes diagnostiquées avec un Syndrome d'Asperger selon les critères du DSM-IV entrent dans le diagnostic de TSA du DSM-V [McPartland *et al.*, 2012]. Cette exclusion au diagnostic pose deux types de problèmes. Tout d'abord, sans diagnostic précis, la prise en charge que requièrent les troubles de la personne sera plus difficile d'accès, et possiblement moins adaptée aux besoins spécifiques de sa condition. Ensuite, ces personnes ne seront plus comptabilisées dans les études relevant de la prévalence des TSA dans la population, c'est-à-dire le nombre de personnes diagnostiquées dans un groupe donné. Ces études sont à distinguer de celles relevant de l'incidence, qui représente le nombre de nouveaux cas diagnostiqués au sein d'une population donnée sur une période donnée. Ces dernières orientent en partie les politiques publiques, et n'incluront donc pas ces personnes dans l'établissement des programmes de prise en charge [Fombonne, 2009]. Au regard de ces résultats, d'autres études ont été réalisées afin de mesurer l'impact du changement de classification sur les taux de prévalence.

## 3.2 Épidémiologie : prévalence et comorbidités

### 3.2.1 Prévalence

La prévalence désigne le nombre de personnes diagnostiquées au sein d'une population donnée. Elle dépend donc de l'accès des personnes au diagnostic, des critères sur lequel il repose et des données disponibles recensant les diagnostics. Relativement difficiles à collecter, certains auteurs ont néanmoins cherché à rassembler et analyser ces données.

#### Données internationales et françaises

Dans sa mise à jour de 2012 de sa revue de littérature référence de 2009 (43 études, [Fombonne, 2009], Fombonne inclut notamment les données d'une revue systématique de 2012 [Elsabbagh *et al.*, 2012] qui rapporte les prévalences des TED sur un plan global, reposant sur les critères diagnostiques du DSM-IV et de la CIM-10 [Fombonne, 2012]. Il conclut à un taux de prévalence entre 90 et 120 cas de TED pour 10 000 personnes, alors que les troubles autistiques représentent entre 20 et 30 cas pour 10 000 personnes. Les garçons

sont 4 à 5 fois plus représentés que les filles, pour un ratio moyen de 4,2 garçons pour une fille. Cette répartition reste constante à travers les échantillons d'enfants et d'adultes. Au sein des TED, la revue de Fombonne de 2009 rapporte une prévalence moyenne de 20,6/10 000 pour l'Autisme, 6/10 000 pour le Syndrome d'Asperger, 37,1/10 000 pour les TED-nos et, beaucoup plus rare, de 2/100 000 pour le Trouble désintégratif de l'enfance. Les récentes études portant sur la prévalence des TSA selon les critères du DSM-V sont peu nombreuses, mais révèlent les mêmes informations : elles présentent toutes deux des chiffres inférieurs aux études précédentes [Kim *et al.*, 2014 ; Maenner *et al.*, 2014]. Cependant, ces chiffres devraient revenir aux données antérieures avec l'ajustement des pratiques diagnostiques et l'habituation des cliniciens aux nouveaux critères [Kim *et al.*, 2014 ; Maenner *et al.*, 2014]. En France, les études sont plus rares, et la prévalence des TSA n'est toujours pas connue. Les institutions spécialisées avancent souvent le chiffre de 60 000 personnes tous âges confondus (CRA Alsace). Les auteurs s'appuient sur les données provenant d'autres pays occidentaux : les Etats-Unis (Centre de Prévention et de Contrôle des Maladies, [Fombonne, 2012 ; Christensen *et al.*, 2014], l'Angleterre [Brugha *et al.*, 2011]. Dans sa revue de 2009, Fombonne répertorie 3 études portant sur la France ; cependant ces études datant respectivement de 1989, 1992 et 1997 sont relativement anciennes [Fombonne, 2009]. La Haute Autorité de Santé, quant à elle, reprenait le chiffre de 1 diagnostic de TSA pour 150 naissances dans son rapport de 2012 [Haute Autorité de Santé, 2010].

**Une prévalence en augmentation**

À travers ses nombreux travaux sur le sujet, Fombonne rapporte une prévalence des TSA en constante augmentation. Par exemple, alors qu'il rapportait une prévalence des TED entre 60 et 70 cas pour 10 000 personnes en 2009 [Fombonne, 2009], sa revue de littérature fait état de 90 à 120 cas de TSA pour 10 000 personnes en 2012 [Fombonne, 2012]. Smith *et al.* notent quant à eux que les premiers diagnostics ont été multipliés par 10 entre 1988 et 2000 [Smeeth *et al.*, 2004]. Aux Etats-Unis, le Centre for Disease Control and Prevention (CDC) indique récemment une nette augmentation de la prévalence des TSA, avançant même le terme « d'épidémie d'autisme » [Christensen *et al.*, 2014]. En France, l'État a fait de l'Autisme la Grande Cause Nationale en 2012, et a lancé son troisième Plan Autisme (2013-2017) pour répondre à une « situation des personnes autistes en France [qui] demeure critique » [Caraglio, 2013]. Cependant ces études relatives à la prévalence des TSA sont à distinguer des études relatives à l'incidence des TSA. L'incidence n'inclut pas les individus déjà diagnostiqués ou pris en charge pour une pathologie mais seulement les nouveaux cas détectés dans une certaine période. Aussi l'incidence ne peut pas être basée sur des données de prévalence [Fombonne, 2012]. Ainsi, plusieurs facteurs peuvent expliquer l'augmentation de la prévalence rapportée des TSA [Fombonne, 2012]. Parmi eux, les différentes définitions des TSA rendent difficiles les comparaisons entre les études : la définition restreinte de l'autisme de Kanner en 1943 [Kanner *et al.*, 1943] a été largement

étendue pour désormais considérer un spectre de troubles. Une autre explication concerne l'impact des modifications des critères diagnostiques sur les rapports récents de prévalence des TSA. Enfin, la variabilité dans les méthodes à travers les études a un impact sur la prévalence : certaines d'entre elles reposent sur des analyses de bases de données de structures d'accueil (*e.g.*, cliniques, éducation spécialisée, registres nationaux, *etc.*), excluant de facto les personnes absentes de ces bases mais présentant les troubles.

La forte augmentation de la prévalence des TSA est sujette à débat, et plusieurs facteurs peuvent l'expliquer. Cependant, elle traduit une prise de conscience de cette pathologie par la société. Elle permet des améliorations dans la prise en charge de personnes généralement exclues de la société [Fombonne, 2012 ; Haute Autorité de Santé, 2010]. Enfin, l'étude de leur prévalence assure une meilleure connaissance des TSA, notamment des pathologies qui leur sont généralement associées, à savoir les comorbidités.

### 3.2.2 Dépistage précoce

Le dépistage est à distinguer du diagnostic. Le dépistage est réalisé auprès d'une population générale ou à risque, lorsqu'un membre de la fratrie a reçu un diagnostic de TSA par exemple ; le diagnostique repose quant à lui sur des symptômes évoquant potentiellement la présence de TSA. Ainsi le dépistage doit conduire à un diagnostic ultérieur. Le dépistage et le diagnostic précoces sont tous deux cruciaux pour le pronostic développemental de l'enfant. Les études ont effectivement montré un impact significatif des prises en charge précoces pour les enfants avec TSA, notamment en termes de langage et de fonctionnement cognitif [Warren *et al.*, 2011]. En France, le diagnostic de TSA est en moyenne posé aux alentours de 3 ans (donnée sur la période 2003-2005 ; [Chamak *et al.*, 2011]). Avant 24 mois, il est difficile de poser un diagnostic étant donnée la non-spécificité de nombreux symptômes et surtout le fait que l'enfant ne possède pas encore tout l'équipement développemental pour exprimer l'ensemble de la symptomatologie [Saint-Georges *et al.*, 2013]. Dans ce contexte, le dépistage va permettre la mise en place de prises en charge précoces adaptées à l'intensité et à la diversité des symptômes repérés.

Concrètement, deux échelles sont les plus répandues parmi les pédiatres, médecins généralistes et pédopsychiatres pour effectuer le dépistage des TSA : la Check-list for Autism in Toddlers (CHAT, [Baron-Cohen *et al.*, 1992]) et sa version modifiée, la Modified-Check-list Autism in Toddlers (M-CHAT, [Robins *et al.*, 2001]). Complétées en collaboration avec les parents, ces échelles sont utilisées pour dépister les TSA chez des enfants en bas âge (*i.e.*, âgés de 16 à 30 mois). La première (CHAT) évalue à 83,3% le risque de recevoir un diagnostic de TSA lorsque des absences de jeu symbolique, de contrôle du regard et de pointage proto-déclaratif sont observées [Baron-Cohen *et al.*, 1996]. Cette grande spécificité est amoindrie par sa faible sensibilité : seulement un tiers des enfants ayant reçu un diagnostic de TSA seraient détectés avec la CHAT. Sa version modifiée (M-CHAT) se présente sous la forme d'un auto-questionnaire destiné aux parents. Pouvant être utilisée aux deux ans de l'enfant, elle cible les particularités développementales précoces dans les domaines de la

communication, l'attention conjointe et les relations sociales. Elle présente une spécificité comparable à la CHAT, accompagnée néanmoins d'une meilleure sensibilité [Robins *et al.*, 2001].

Un dépistage précoce permet d'établir un diagnostic au plus tôt dans le développement de l'enfant. Sur la base de ce diagnostic, des prises en charge pourront être envisagées afin d'améliorer l'inclusion de ces enfants. Afin de les définir au mieux pour les adapter aux besoins spécifiques de chaque enfant, les troubles associés aux TSA sont investigués.

### 3.2.3 Comorbidités

Les comorbidités désignent les troubles associés au tableau clinique d'une pathologie ; elles sont particulièrement représentées à tous les niveaux du spectre des TSA [LoVullo et Matson, 2009]. La plus fréquente concerne la déficience intellectuelle, anciennement désignée par le terme de « retard mental », caractérisant une personne avec un quotient intellectuel inférieur à 70, accompagné de difficultés d'adaptation (DSM-V, [American Psychiatric Association, 2013]). Celle-ci concernerait environ 70% de la population TSA : 30% de retard léger à modéré (QI entre 50 et 70) et 40% de retard profond (QI inférieur à 50) [Fombonne, 2003]. Les désordres de type neuropsychologiques sont également parmi les plus fréquemment rencontrés dans les TSA. Parmi eux, le trouble déficitaire de l'attention avec/sans hyperactivité (TDA/H) est identifié pour jusqu'à 50% des cas [Leyfer *et al.*, 2006]. Les troubles anxieux sont largement répandus dans la partie supérieure du spectre (notamment les Syndrome d'Asperger), généralement dus aux fortes attentes sociales de ces personnes associées à leur niveau de conscience préservé [Mayes *et al.*, 2011]. De plus, les maladies neurologiques telles que l'épilepsie concerneraient entre 20 et 25% des cas [Amiet *et al.*, 2008]. Enfin, les déficits sensoriels auditifs et visuels peuvent être identifiés dans respectivement environ 9,5% et 1,3% des cas [Fombonne, 2003].

Dans un article récent, Rieske *et al.* étudient les taux de comorbidités auprès de 424 enfants et adolescents avec TSA diagnostiqués avec le DSM-IV-TR, et en accord avec le DSM-V [Rieske *et al.*, 2015]. Les auteurs rapportent des comorbidités significativement plus présentes chez les TSA quels que soient les critères diagnostiques utilisés en comparaison avec un groupe d'enfants contrôles. Ils rapportent également des taux de comorbidités équivalents à travers les deux types de critères, à l'exception des comportements répétitifs, des comportements d'évitement ainsi que les comportements de sous-alimentation [Rieske *et al.*, 2015]. Les auteurs rapportent donc globalement une constance dans la représentation des comorbidités au sein des TSA entre les versions 4 et 5 du DSM, mais proposent de documenter plus en profondeur les comorbidités chez les personnes qui ne rentrent plus dans les critères diagnostiques du DSM-V.

Si les critères diagnostics des TSA sont en constante évolution et soumis à de vifs débats, il en va de même pour leur(s) origine(s). Une théorie alliant facteurs génétiques et environnementaux semble néanmoins émerger.

## 3.3 Étiologie : facteurs génétiques et environnementaux

En l'absence de marqueur biologique, il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus sur une cause unique des TSA. Les connaissances actuelles concernant l'origine des TSA sont en faveur d'une étiologie multifactorielle impliquant des facteurs génétiques associés à des facteurs environnementaux.

### 3.3.1 Les facteurs génétiques

Récemment, des progrès considérables ont été réalisés dans la compréhension des bases génomiques des TSA [Abrahams et Geschwind, 2008 ; Bill et Geschwind, 2009]. Un taux de concordance de 60 à 90% auprès de jumeaux homozygotes contre 0 à 20% pour des jumeaux hétérozygotes a été rapporté par Hallmayer *et al.* [Hallmayer *et al.*, 2011]. Plus tôt, Hertz-Picciotto *et al.* établissent la probabilité d'un diagnostic de TSA pour les frères et sœurs d'une personne déjà diagnostiquée à 2 à 14% [Hertz-Picciotto *et al.*, 2006]. De plus, selon d'autres études réalisées auprès des fratries, ce chiffre s'élève à 35% pour des fratries impliquant plusieurs personnes avec TSA. Ainsi, le taux de TSA pour les frères et sœurs est de 50 à 150 fois plus élevé qu'en population générale [Landa, 2008].

Par ailleurs, certains auteurs avancent des hypothèses de mutations génétiques qui sous-tendraient une part substantielle de risque de développer des TSA. Deux d'entres elles ont été particulièrement investiguées : les mutations de novo, c'est-à-dire la mutation d'un gène chez un individu alors qu'aucun de ses parents ne le possède [O'Roak *et al.*, 2012 ; Sanders *et al.*, 2012], et les variations héritées [Yu *et al.*, 2013]. Ces études ont rapporté des mutations sur plusieurs gènes codant des protéines impliquées notamment dans la voie synaptique comme les neuroligines ou les neurexines favorisant l'équilibre entre les synapses excitatrices et inhibitrices. D'autres études ont quant à elles rapporté que ces variations seraient communes à d'autres pathologies comme la schizophrénie, l'épisode dépressif majeur, le TDA/H ainsi que le trouble bipolaire [of the Psychiatric Genomics Consortium *et al.*, 2013].

Cependant, les quelques 200 mutations génétiques identifiées comme jouant un rôle dans la survenue des TSA ne semblent être la cause que d'une faible part des cas de TSA (environ 3%) [Bourgeron *et al.*, 2009]. Ainsi, on comprend l'enjeu des recherches en faveurs d'autres facteurs associés, liés à l'environnement.

### 3.3.2 Les facteurs environnementaux

De nombreuses études ont rapproché des facteurs environnementaux à une augmentation du risque que l'enfant développe un TSA. Parmi eux, la littérature distingue trois types de facteurs : les facteurs prénataux, les facteurs périnataux et les facteurs postnataux. Dans deux revues relativement récentes de la littérature, Gardener *et al.* présentent les principaux

facteurs de risque identifiés comme favorisant la survenue de TSA [Gardener *et al.*, 2009, 2011].

Dans leur revue de 2009, Gardener *et al.* ont examiné 50 risques prénataux. Les auteurs concluent que les données ne sont pas suffisantes pour impliquer l'un d'eux dans l'étiologie des TSA, mais que des données suggèrent que le risque de diagnostic pourrait augmenter à leur exposition durant la grossesse [Gardener *et al.*, 2009]. Notamment, l'âge avancé des parents au moment de la grossesse constitue un des facteurs de risque récurrent : augmentation de 3,6% du risque pour un âge avancé du père et 27,6% lorsque la mère dépasse les 30 ans. Concernant la mère, la présence de saignements durant la grossesse serait associée à une augmentation du risque de 81%, tandis qu'une exposition à des traitements médicamenteux serait associée à une augmentation du risque de 46%, et notamment pour des traitements liés à des troubles psychiatriques [Gardener *et al.*, 2009]. Plus récemment, des résultats similaires ont été rapportés dans la première étude épidémiologique de ce type en Inde [Mamidala *et al.*, 2013], ainsi que dans une cohorte de 268 enfants avec TSA dans le New-Jersey [Maramara *et al.*, 2014].

De nombreux risques périnataux et postnataux ont été identifiés comme participant à l'augmentation du facteur de risque de TSA (*i.e.,* 60 facteurs identifiés dans la revue de Gardener *et al.* 2011) [Gardener *et al.*, 2011]. Parmi eux, certains ont été rapportés de manière constante à travers les études. Ainsi la littérature s'accorde sur un risque de TSA accru pour des nouveau-nés prématurés, de même que pour des nouveau-nés de faible poids (<1500g) [Gardener *et al.*, 2011 ; Mamidala *et al.*, 2013 ; Maramara *et al.*, 2014]. De même, les études s'accordent sur l'augmentation d'un risque de TSA lors d'une mauvaise présentation du bébé (*i.e.,* par le siège) ainsi que lors d'hypoxies cérébrales : enroulement du cordon ombilical, score d'Apgar [1] faible à 5 minutes [Gardener *et al.*, 2011 ; Mamidala *et al.*, 2013 ; Maramara *et al.*, 2014]. Une trop longue durée du travail ou, à l'inverse, un travail précipité participeraient également à une augmentation du facteurs de risque [Gardener *et al.*, 2011 ; Mamidala *et al.*, 2013 ; Maramara *et al.*, 2014]. Après l'accouchement, les difficultés d'allaitement sont corrélées à un plus grand risque de TSA, de même que la survenue d'une jaunisse chez le nouveau-né [Gardener *et al.*, 2011 ; Mamidala *et al.*, 2013]. Enfin, l'absence de pleurs ou leur délai après la naissance serait fortement corrélée à la survenue de TSA [Gardener *et al.*, 2011].

Au total, si des facteurs génétiques sont identifiés, c'est bien leur association avec des facteurs environnementaux qui constitue la théorie la plus développée dans le domaine de l'étiologie des TSA. Il s'agit de la théorie épigénétique. En d'autres termes, il existe un consensus autour de prédispositions génétiques qui, associées à certains facteurs environnementaux, modifierait l'expression phénotypique. Quelles que soient les pistes investiguées, elles permettent de faire évoluer les pratiques des professionnels, autant en termes de diag-

1. Le score d'Apgar est une évaluation d'un nouveau-né sur la base de 5 items notés 0, 1 ou 2 portant sur le rythme cardiaque, la respiration, le tonus, la couleur de la peau ainsi que la réactivité.

nostic que de prise en charge. L'association de ces facteurs donne lieu à un développement et un fonctionnement atypique des personnes avec TSA.

## 3.4 Des comportements socio-adaptatifs limités pour un fonctionnement sociocognitif atypique

Depuis ces dernières décennies, la recherche neuropsychologique sur les TSA s'est développée autour de deux grandes approches, l'une plus systémique visant à décrire les relations entre les comportements socio-adaptatifs déficitaires et le fonctionnement cognitif global, et l'autre plus structurelle visant à spécifier les mécanismes neuro-cognitifs défayants dans le TSA (hypothèses sociocognitives) et à les relier aux comportements socio-adaptatifs déficitaires.

### 3.4.1 Des comportements socio-adaptatifs limités

#### Définition et mesures

Les comportements socio-adaptatifs sont définis par la mesure dans laquelle une personne est capable d'être auto-suffisante en situations réelles, notamment dans l'utilisation fonctionnelle de la communication, la socialisation, la vie quotidienne et la motricité [Gillham *et al.*, 2000]. Le constat de limitation dans ces comportements passe par leur évaluation aux travers d'échelles standardisées, complétées en collaboration avec l'entourage familial et professionnel pour obtenir des renseignements sur le fonctionnement quotidien de la personne. La mesure de ces capacités d'adaptation vient en complément d'un diagnostic pour permettre une prise en charge adaptée de la personne [Tomanik *et al.*, 2007]. Elle est d'ailleurs présente dans le diagnostic de la Déficience Intellectuelle décrit dans la dernière version du DSM (DSM-V, [American Psychiatric Association, 2013]). Il existe un grand nombre d'échelles de mesure des comportements socio-adaptatifs : Adaptive Behavior Assessment System [Harrison et Oakland, 2003], Échelle Québécoise des Comportements Adaptatifs [Morin et Maurice, 2001], AAMD Adaptive Behavior Scales [Perry et Factor, 1989]. Parmi elles, la Vineland Adaptive Behaviour Scales (ou VABS) demeure la plus répandue [Sparrow et Cicchetti, 1985]. Elle évalue les comportements d'une personne à travers des items dans les domaines de la Socialisation, de la Communication, des Aptitudes de Vie Quotidienne (AVQ) et de la Motricité auprès d'enfants entre 3 et 18 ans. L'échelle comporte également un domaine intitulé « comportements inappropriés ». Les scores bruts obtenus peuvent être convertis en scores standard sur la base de l'âge chronologique de l'enfant. L'adaptation française de cette échelle est toute récente [Hyeans *et al.*, 2015].

**Des comportements socio-adaptatifs limités : liens avec le fonctionnement cognitif général**

De nombreuses recherches rapportent des déficits importants dans les capacités d'adaptation des enfants avec TSA par rapport à leurs pairs neuro-typiques ainsi qu'à des enfants présentant d'autres troubles du développement [Liss *et al.*, 2001 ; Klin *et al.*, 2007 ; Kenworthy *et al.*, 2010 ; Ray-Subramanian *et al.*, 2011 ; Mouga *et al.*, 2015]. Présents dès l'âge de deux ans [Ray-Subramanian *et al.*, 2011], ces déficits sont présents à travers l'ensemble du spectre des TSA, même pour les personnes présentant un niveau élevé de fonctionnement [Kenworthy *et al.*, 2010]. Ces études ont mis en évidence un profil autistique typique parmi ces derniers (*i.e.,* les enfants avec TSA sans déficiences intellectuelles). Il est caractérisé par de sévères difficultés dans le domaine de la socialisation, des difficultés modérées dans le domaine de la communication, ainsi que des habiletés motrices et de vie quotidienne préservées. En revanche, ce profil est moins clair pour les personnes dans la partie inférieure du spectre de fonctionnement intellectuel (*i.e.,* enfants avec TSA présentant des déficiences intellectuelles, QI < 70) [Carter *et al.*, 1998 ; Fenton *et al.*, 2003 ; Perry *et al.*, 2009]. Fenton *et al.* rapportent en 2003 des scores standards « relativement uniformes » dans chaque sous-domaines à travers les participants [Fenton *et al.*, 2003]. En effet, l'écart entre fonctionnement intellectuel et déficit de comportements socio-adaptatifs tend à croitre avec l'âge [Fenton *et al.*, 2003].

Les études dans le domaine rapportent de fortes corrélations entre efficience cognitive (*i.e.,* scores de QI) et scores de comportements socio-adaptatifs [Liss *et al.*, 2001 ; Kanne *et al.*, 2011 ; Ray-Subramanian *et al.*, 2011]. Ainsi, Bolte et Pouska ont montré que l'efficience cognitive est fortement corrélée au sous-score de Communication de la VABS chez les enfants avec TSA de haut niveau, tandis qu'elle semble corrélée au sous-score des AVQ de la VABS chez les enfants TSA de bas niveau de fonctionnent intellectuel [Bölte et Poustka, 2002]. Les enfants avec TSA de haut niveau présentent des capacités socio-adaptatives plus faibles que leur fonctionnement intellectuel [Bölte et Poustka, 2002 ; Klin *et al.*, 2007]. Dans cette population, le fonctionnement cognitif semble corrélé au domaine de la Communication [Bölte et Poustka, 2002 ; Freeman *et al.*, 1999] et à celui des AVQ [Freeman *et al.*, 1999] mais pas à celui de la Socialisation [Bölte et Poustka, 2002 ; Liss *et al.*, 2001 ; Freeman *et al.*, 1999 ; Volkmar *et al.*, 1987] tels que mesurés par la Vineland. Freeman *et al.* ont rapporté que « les améliorations dans la Socialisation étaient indépendantes des scores initiaux de QI, suggérant une dissociation entre fonctionnement cognitif et aptitudes sociales [Freeman *et al.*, 1999].

Par ailleurs, les relations entre sévérité des symptômes de TSA et le fonctionnement adaptatif sont toujours sujettes à discussions compte tenu de résultats contradictoires. D'un côté, certaines études ont rapporté des corrélations négatives entre la sévérité des symptômes de TSA et le fonctionnement adaptatif [Kenworthy *et al.*, 2010 ; Lerner *et al.*, 2011 ; Perry *et al.*, 2009]. D'un autre côté, d'autres études ne rapportent que de faibles voire une absence de relations entre ces deux mesures [Liss *et al.*, 2001 ; Klin *et al.*, 2007].

Enfin, une étude récente a examiné les relations entre l'âge, le fonctionnement intellec-

tuel et la sévérité des symptômes de TSA avec le fonctionnement adaptatif chez des enfants avec TSA. Les auteurs rapportent qu'une grande efficience intellectuelle et des symptômes de TSA peu sévères seraient associés à une meilleure adaptation des comportements chez les enfants jeunes, mais chez les plus âgés [Hill *et al.*, 2015].

Au vu de l'ensemble de ces résultats, il apparaît que les limitations de l'adaptation des comportements rapportées chez les enfants avec TSA ne peuvent pas être expliquées uniquement par une mesure de leur fonctionnement intellectuel. Plusieurs théories ont été avancées pour rendre compte des limitations dans les comportements socio-adaptatifs des enfants avec TSA.

### 3.4.2 Un fonctionnement cognitif atypique : atteinte sélective de mécanismes neurocognitifs

Différentes hypothèses ont été avancées pour expliquer le fonctionnement atypique des enfants avec TSA en termes d'adaptation du comportement. Parmi elles, 3 grandes théories ont été proposées et développées simultanément aux Etats-Unis, tandis qu'une quatrième a fait son apparition au Canada comme une alternative dans le champ de la recherche sur les bases neurocognitives des TSA.

#### L'hypothèse du déficit de cohérence centrale

Cette hypothèse, présentée par Happé et Frith en 1989 puis développée par la suite (*e.g.,* [van Lang *et al.*, 2006]), repose sur une « hyper-sélectivité des stimuli » [Frith, 1989]. Les enfants avec TSA présentent une attention bien plus sélective que leurs pairs neurotypiques. Ou plus exactement, dirigée vers les informations locales et non globales, résultant d'une potentielle « cohérence centrale faible ». Dans leur papier de 1994, les deux auteurs rapportent un déséquilibre spécifique dans l'intégration des informations [Frith et Happé, 1994]. En effet, même si les capacités perceptives et cognitives sont bonnes (*e.g.,* sur le test des figures imbriquées), ces enfants présentent une approche fragmentée de l'information au détriment d'une information globale [Happé et Frith, 2006]. L'hypothèse de cohérence centrale faible est toujours investiguée à l'heure actuelle, bien qu'une large place soit désormais faite plutôt à l'étude des difficultés exécutives des enfants avec TSA.

#### L'hypothèse dys-exécutive

Certains auteurs [Ozonoff *et al.*, 1991] ont mis en avant des déficits dans les fonctions exécutives chez les enfants avec TSA. Les Fonctions Exécutives (FE) désignent un ensemble de processus cognitifs de haut niveau permettant à un individu d'adapter son comportement en fonction d'un but à atteindre [Miyake *et al.*, 2000]. Elles rassemblent notamment les processus attentionnels, de flexibilité, de planification et d'inhibition. Comme dans la théorie de cohérence centrale faible, les troubles élémentaires de l'attention [Leekam *et al.*,

2000] ainsi que des déficits d'attention conjointe [Dawson *et al.*, 2004] ont été rapportés. De plus, les auteurs ont également mis en évidence des défauts de flexibilité cognitive [Ozonoff et McEvoy, 1994 ; Didden *et al.*, 2008 ; Peters-Scheffer *et al.*, 2013b] ainsi que des défauts de planification [Hughes *et al.*, 1994 ; Corbett *et al.*, 2009] et d'inhibition [Corbett *et al.*, 2009]. Cependant, dans une revue de la littérature, Geurts *et al.* ne rapportent pas de déficits de flexibilité comportementale dans la vie quotidienne des enfants avec TSA, et proposent d'utiliser plutôt des mesures écologiques pour « résoudre le paradoxe entre inflexibilité cognitive et flexibilité comportementale [Geurts *et al.*, 2009]. Si ces études rapportent des déficits globaux des FE chez les enfants avec TSA, elles ne rendent pas que partiellement compte des difficultés de ces enfants dans le domaine de la cognition sociale, qui relève de l'interaction avec ses pairs.

**L'hypothèse du déficit de Théorie de l'Esprit (ToM)**

La Théorie de l'Esprit (ou Theory-of-Mind, ToM, en anglais) rassemble les processus cognitifs qui permettent l'identification et la mentalisation des états mentaux de soi et d'autrui (pour revue : [Baron-Cohen, 2001]). La ToM s'articulerait autour de deux niveaux : 1) la mentalisation des émotions de soi et 2) la mentalisation des émotions d'autrui. Des études ont mis en évidence les difficultés des enfants avec TSA dans le premier niveau de la ToM, relative à l'identification de leurs propres états mentaux [Heerey *et al.*, 2003]. Ces difficultés ont été rapprochées de leurs faibles capacités de régulation émotionnelle [Rieffe *et al.*, 2011 ; Moriguchi *et al.*, 2006 ; Konstantareas et Stewart, 2006]. De nombreuses études ont également mis en évidence les difficultés des enfants avec TSA dans le deuxième niveau, notamment dans les tâches d'identification des émotions faciales d'autrui (pour revue : [Baron-Cohen, 2001 ; Harms *et al.*, 2010]). Ces difficultés ont été rapportées aussi bien pour des stimuli visuels statiques [Xavier *et al.*, 2015 ; Enticott *et al.*, 2014], dynamiques [Evers *et al.*, 2015 ; Enticott *et al.*, 2014 ; Tardif *et al.*, 2007], qu'auditifs [Hesling *et al.*, 2010]. Du reste, les difficultés semblent concerner également l'attribution d'intentions [Kampe *et al.*, 2003 ; Mathersul *et al.*, 2013]. Cependant, ces mécanismes de haut niveau semblent être préservés chez les enfants avec TSA ne présentant pas de déficiences intellectuelles comparées à leur pairs neuro-typiques [Berger et Ingersoll, 2014 ; McAleer *et al.*, 2011 ; Philpott *et al.*, 2013].

L'hypothèse du déficit de ToM a sûrement été la plus investiguée pour rendre compte des difficultés des enfants avec TSA. Certains auteurs ont mis en avant les liens entre mécanismes de ToM et fonctions exécutives, et notamment les capacités d'inhibition [Ozonoff *et al.*, 1991 ; Bishop, 1993 ; Müller *et al.*, 2012]. En effet, les tâches évaluant certains processus de ToM mettent en jeu ces capacités. C'est par exemple le cas du Test des Fausses Croyances [2] (ou test de Sally-Ann, [Frith, 1996]). L'enfant doit inhiber sa propre connais-

2. Dans le test des fausses croyances, une série d'images est présentée à l'enfant, décrivant deux filles dans une pièce, chacune devant une boite. Sally dépose une balle dans sa boite puis sort de la pièce. Ann sort la balle de la boite de Sally et la place dans la sienne, puis Sally revient dans la pièce. L'enfant doit alors désigner la boite dans laquelle Sally va chercher la balle.

sance de l'emplacement de l'objet en premier lui afin de pouvoir répondre correctement par la suite. De la même manière, les mécanismes nativement exécutifs d'auto-régulation et d'auto-gestion des comportements et notamment émotionnels sont étroitement liés aux mécanismes de mentalisation de soi [Vickerstaff *et al.*, 2007]. Plus spécifiquement, de nombreux travaux sur la régulation émotionnelle chez les personnes avec TSA ont mis en avant des liens très étroits entre les structures impliquées dans la gestion des expériences émotionnelles (typiquement l'amygdale) et les structures impliquées dans la modulation de ces expériences (*e.g.,* le cortex singulaire antérieur) [Mazefsky *et al.*, 2012, 2013 ; Mazefsky et White, 2014 ; Mazefsky, 2015]. Ainsi, ces deux hypothèses semblent inter-reliées dans les processus cognitifs mis en jeu [Perner et Lang, 1999].

Afin d'expliquer les liens ou l'interdépendance observés entre les mesures de ToM et des FE, des auteurs se penchent sur l'étude de mécanismes de plus bas niveau communs aux mesures de ToM ou FE, tels que la perception ou la motricité. Plus précisément, ces mécanismes ont été présentés comme pouvant être significativement ralentis chez les enfants avec TSA par rapport à celui de leurs pairs neuro-typiques (motricité : [Schmitz *et al.*, 2003] ; perception : [Gepner *et al.*, 2001]). Aussi, des hyper- et hypo-sensorialités ont été largement mises en évidence à travers la littérature [Ausderau *et al.*, 2014]. Les études rapportent une motricité déficitaire chez les enfants avec TSA, révélée notamment par des hypotonies (déficit du tonus musculaire), des dyspraxies ainsi qu'une motricité fine entravée [Ming *et al.*, 2007 ; Lloyd *et al.*, 2013]. Ces déficits ont été rapportés comme équivalents avec ceux d'un groupe d'enfants présentant un retard de développement [Provost *et al.*, 2007]. Pour mettre en évidence les liens entre déficits moteurs et difficultés dans les interactions sociales, une étude rapporte des corrélations entre une faible performance motrice au niveau des mains et une réponse sociale déficitaire [Hirata *et al.*, 2014]. Récemment, une revue de la littérature présente les connaissances actuelles, faisant état de déficits dans le ton de la voix (dû à des hypotonies), dans le contrôle postural, la marche ainsi que la motricité fine et la dextérité manuelle [Paquet *et al.*, 2015].

#### L'hypothèse du fonctionnement perceptif augmenté

D'autres auteurs, plutôt que de présenter des déficits perceptifs, avancent une hypothèse d'un fonctionnement perceptif augmenté chez les enfants avec TSA. C'est l'hypothèse avancée par Mottron et Burack en 2001 [Mottron et Burack, 2001]. Ce modèle a été proposé comme une alternative au modèle de la cohérence centrale faible qui prévalait à cette époque. Il tente de rendre compte des performances supérieures de ces enfants par rapport à leurs pairs neuro-typiques à la fois dans la modalité visuelle et auditive, et ce dans des domaines spécifiques [Mottron et Burack, 2001]. Ces domaines incluent notamment des performances supérieures dans des tâches cognitives dites de bas niveau, une grande implication atypique de la perception dans des tâches cognitives de haut niveau, ainsi que la centralité des comportements liés à la perception dans les situations de vie quotidienne.

Les auteurs proposent en 2006 une mise à jour de leur modèle à travers 8 principes du

fonctionnement perceptif des enfants avec TSA [Mottron *et al.*, 2006]. Le premier principe (1) rend compte de l'orientation locale du traitement de l'information visuelle dans les TSA, classiquement mis en évidence au travers de deux types de tâches : les tâches hiérarchiques de longue exposition et de courte exposition. Le deuxième principe (2) traite de la performance dans les tâches perceptuelles de bas niveau : elle est inversement reliée à l'augmentation du gradient de la complexité neuronale. En effet, une hypo-connectivité globale résulterait en hyper-connectivités localisées, notamment entre des régions proches, fortement impliquées dans la perception de bas niveau. Le troisième principe (3) statue que les comportements atypiques précoces envers les inputs perceptuels ont une fonction de régulation. En particulier, les regards latéraux envers les objets seraient une tentative de réduire la quantité d'information excessive. Le quatrième principe (4) énonce que les primas perceptifs et les régions cérébrales associatives sont activées de façon atypique durant les tâches sociales et non-sociales. Il a été démontré que pour un niveau de performance typique, le fonctionnement autistique présente des activations supérieures des régions visuo-perceptuelles (occipitales ou occipito-temporales) en association avec une diminution de l'activation des régions dédiées au traitement de plus haut niveau (frontale) ou de l'information sociale (aire des visages fusiformes). Le cinquième principe (5) relate un traitement d'information d'un ordre supérieur optionnel dans le fonctionnement autistique alors qu'il est obligatoire dans le fonctionnement neuro-typique. Des auteurs suggèrent en effet que le fonctionnement autistique a accès à des représentations différentes en fonction des indices induits par la question. Les individus avec TSA répondront différemment et avec succès aux questions « Quelle ligne semble la plus longue ? » et « Quelle ligne est la plus longue ? » : ces représentations pourront alors être respectivement psychologiquement déformées ou physiquement exactes. Le sixième principe (6) statue qu'une expertise perceptuelle sous-tend un syndrome savant (*i.e.,* compétences extraordinaires dans les dessins 3-D, la détection de nombres premiers, calcul mental, mémoire musicale, *etc.*). Ces aptitudes spéciales se baseraient sur un développement bottom-up plutôt qu'un choix top-down du domaine d'application. Elles impliqueraient des domaines d'information, substitueraient l'auto-récompense à la récompense sociale, feraient un usage différent de la perception et de la mémoire, et se baseraient sur une extraction des règles implicites plutôt que sur un apprentissage explicite. Le septième principe (7) déclare qu'un syndrome savant est un modèle pour subdiviser les Troubles Envahissants du Développement (*i.e.,* tels que décrits dans la précédente version du DSM). Une première division sépare classiquement le Syndrome d'Asperger (présentant un usage précoce de la parole, des habiletés visuo-spatiales ordinaires et des maladresses motrices) à des individus aux capacités visuo-spatiales supérieures et à utilisation tardive ou inexistante de la parole. Cette dernière catégorie autistique dissocie donc les individus à expertises exceptionnelles dans certains domaines, et les autres. Enfin, le huitième et dernier principe (8) conclue qu'un fonctionnement augmenté des régions cérébrales perceptuelles primaires pourrait rendre compte des originalités perceptuelles dans le fonctionnement autistique.

L'ensemble de ces différentes hypothèses cherche à rendre compte des difficultés adap-

tatives constatées chez enfants avec TSA, notamment dans le domaine de la communication et des interactions sociales, par l'étude des processus cognitifs supposés sous-tendre ces comportements. Le fonctionnement atypique des enfants avec TSA représente un frein à leur participation sociale. Il apparaît ainsi nécessaire de développer des prises en charge et de les adapter au fonctionnement particulier de ces enfants.

CHAPITRE

# 4 Prise en Charge des Enfants TSA

*La variété des profils cognitifs au sein des enfants avec TSA requiert des prises en charge individuelles et 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* et al.*, 2015]. Compte tenu de leur fonctionnement sociocognitif particulier, deux grands types d'interventions cognitives sont pratiqués auprès des enfants avec TSA. Les premières, rassemblées sous le terme de Thérapies Cognitivo-Comportementales (CBT*[1]*), sont orientées sur les capacités de l'enfant et se concentrent sur le renforcement des comportements adaptés [Ospina* et al.*, 2008]. Les secondes désignent les thérapies orientées plutôt vers les processus cognitifs qui sous-tendent les performances dans les tâches (*e.g.*, [Tanaka* et al.*, 2010]). En l'absence d'une appellation homogène dans la littérature, ces dernières seront désignées par le terme d'Interventions de Remédiation Cognitive (CRI en anglais) dans ce document. Ces deux types d'intervention ne sont pas orthogonaux, mais adressent plutôt des composants cognitifs inter-reliés dans un ensemble intégré. Ils devraient donc idéalement être utilisés ensemble dans des interventions multidimensionnelles [Stichter* et al.*, 2012].*

## Sommaire


4.1 Les Thérapies Cognitivo-Comportementales (CBT) : des interventions globales . . . . . **58**
4.2 Interventions spécialisées . . . . . **60**
4.3 Milieu Scolaire . . . . . **64**


1. En français TCC. L'acronyme CBT provient du terme anglais Cognitive Behavioral Therapy, largement usité dans la littérature anglophone.

## 4.1 Les Thérapies Cognitivo-Comportementales (CBT) : des interventions globales

Les CBT impliquent généralement de multiples composants et incorporent des éléments intermédiaires (compétences connexes) sensés permettre la réalisation du but visé. Par exemple, dans une intervention ayant pour but d'améliorer les compétences sociales, la CBT pourra adresser à la fois des compétences intermédiaires (*e.g.*, identification émotionnelle, connaissance des protocoles sociaux, *etc.*) sensées sous-tendre les compétences sociales et enseigner directement les comportements attendus. Les CBT ont été très largement utilisées auprès des enfants avec TSA, et ce dès le plus jeune âge (*i.e.*, avant 4 ans) (pour revue : [Ospina *et al.*, 2008; Ho *et al.*, 2015]. Leur mise en œuvre repose sur une équipe pluridisciplinaire formée, en coopération étroite avec les parents. C'est pourquoi on parle d'approches globales.

### 4.1.1 Des prises en charge précoces et intensives

Parmi les CBT, l'Adaptive Behavior Analysis (ABA) est certainement la plus répandue et utilisée auprès des enfants avec TSA [Reichow, 2012]. Apparue dans les années 60, l'ABA, comme la thérapie Lovaas qui en découle [Lovaas, 1987], repose sur des principes de prise en charge globale adressant l'ensemble des comportements socio-adaptatifs : de la communication aux compétences scolaires en passant par les loisirs et les interactions sociales. Basée sur un entrainement intensif et répétitif (25 à 40 heures par semaine), elle consiste en séances de travail thérapeute/patient qui adressent une compétence spécifique à la fois. Les apprentissages sont renforcés par l'utilisation systématique de récompenses, le plus généralement sous la forme d'images ou de jetons. La mise en place précoce et intensive des CBT auprès des enfants avec TSA est désignée sous le terme de Early Intensive Behavioral Interventions (EIBI) dans la littérature. Les résultats des EIBI ont été étudiés dans la revue de 5 méta-analyses parues entre 2009 et 2010 [Reichow, 2012]. Ces méta-analyses, qui rapportent des améliorations à la fois dans le fonctionnement intellectuel et dans l'adaptation des comportements des enfants avec TSA, respectent les standards de preuves empiriques les plus élevés [Reichow, 2012]. Ainsi, le modèle de prise en charge globale des EIBI rassemble la plus large collection de données empiriques, étayant sa pertinence pour les enfants avec TSA d'un point de vue clinique [Reichow, 2012].

Cet ensemble de thérapies est parfois décrié, pouvant aller jusqu'à être considéré par certains comme du « dressage » du fait de séances très répétitives et la surabondance de récompenses. Les prises en charge de type ABA sont adaptées aux besoins uniques de chaque enfant, et leur intensité a été allégée. Il n'en reste pas moins que ce type d'interventions présente des résultats significatifs dans l'amélioration de l'adaptation des enfants avec TSA [Leaf *et al.*, 2015].

### 4.1.2 Des bénéfices globaux pour les enfants avec TSA

D'après la revue de Ospina *et al.* qui réunit les résultats de 31 études impliquant 770 participants, l'efficacité des CBT de type ABA est supérieure à celles classiquement utilisées dans les classes spécialisées en termes d'améliorations de comportements socio-adaptatifs, des capacités de communication et d'interactions sociales, mais également en termes de fonctionnement cognitif (mécanismes de ToM, conscience émotionnelle, *etc.*) [Ospina *et al.*, 2008]. La thérapie Lovaas a été rapportée comme améliorant particulièrement le fonctionnement cognitif, compréhension du langage et des capacités de communication comparée aux prises en charge « classiques » [Lovaas, 1987 ; Eldevik *et al.*, 2012]. Ces résultats ont été consolidés plus récemment dans l'article de Warren *et al.* qui passe en revue les interventions CBT intensives auprès des enfants avec TSA [Warren *et al.*, 2011]. Aussi, la mise en place d'une prise en charge de type Lovaas à haute intensité (> 40h/semaine) présente des résultats supérieurs à une Lovaas de faible intensité (< 40h/semaine) en termes de gain dans le fonctionnement cognitif, les compétences communicationnelles et les comportements socio-adaptatifs dans leur globalité [Smith *et al.*, 2000 ; Warren *et al.*, 2011]. D'autres CBT reposant sur les mêmes principes ont permis des améliorations significatives dans les domaines du langage et des capacités cognitives, comme la méthode Denver [2] [Warren *et al.*, 2011 ; Dawson *et al.*, 2010 ; Peters-Scheffer *et al.*, 2013a].

L'accumulation des données empiriques va permettre la prédiction des effets thérapeutiques et guidera pour une part importante le choix d'intervention et de ses modalités (*e.g.*, composants à privilégier, intensité d'intervention, *etc.*). Certaines études longitudinales se sont attachées à identifier des prédicteurs qui influencent les résultats d'une intervention. A ce titre, Virues-Ortega *et al.* rapportent que la durée de l'intervention, le fonctionnement de l'enfant pré-intervention et son âge sont liés aux améliorations dans des tâches d'imitation, de pairage, de pointage, de jeu indépendant et d'interactions sociales, auprès de 24 enfants avec TSA [Virues-Ortega *et al.*, 2013b]. Précisément, cette étude indique que la précocité de l'intervention et son intensité sont ensemble critiques pour optimiser les effets thérapeutiques. De la même manière, une autre étude basée sur des analyses statistiques de régression menées sur les données de 245 enfants avec TSA rapporte des effets significatifs de l'âge et de l'intensité de l'intervention dans l'explication de la variance des résultats des CBT [Granpeesheh *et al.*, 2009]. Ces résultats supportent donc une prise en charge intensive des enfants avec TSA, et ce dès leur plus jeune âge. Pour une mise en place précoce de la méthode Denver, les capacitations d'imitation au départ de l'intervention prédisent également les bénéfices, de même que l'utilisation des objets et la compréhension du but [Vivanti *et al.*, 2013].

2. La méthode Denver, développée dans les années 80 par Sally Rodgers et Géraldine Dawson, repose sur une prise en charge précoce, individualisée et intensive des enfants avec TSA dans une approche pluridisciplinaire. Si elle partage les principes de structuration d'autres méthodes de prise en charge pour les TSA, elle a de particulier d'avoir été conçue spécifiquement pour les très jeunes enfants à travers des exercices basés sur le jeu.

Si les bénéfices des CBT ont été soulignés pour les enfants avec TSA, particulièrement lorsqu'elles sont mises en place de façon précoce et intensive dans le développement de l'enfant, les auteurs pointent néanmoins des limitations méthodologiques quant à leur validation [Ospina *et al.*, 2008 ; Warren *et al.*, 2011 ; Reichow, 2012]. En effet, les études, peu nombreuses, impliquaient peu de participants et une évaluation des effets thérapeutiques à court terme, faisant souvent fi du maintien des apprentissages à long terme [Ospina *et al.*, 2008]. De plus, la grande hétérogénéité des participants et des mesures utilisées à travers ces études rend difficile leur comparaison [Warren *et al.*, 2011]. Enfin, aucune EIBI n'a pu prouver son efficacité auprès d'enfants couvrant tout le spectre de fonctionnement autistique, et les informations sur les relations entre les caractéristiques des enfants et les résultats obtenus sont manquantes [Reichow, 2012]. Couramment dans la pratique, les CBT sont complétées par les CRI, interventions plus spécifiques qui permettent d'adresser des compétences particulières, identifiées comme déficitaires chez les enfants avec TSA.

## 4.2 Interventions spécialisées

Les CRI visent à réhabiliter à fois les comportements adaptatifs sur lesquels repose directement leur participation sociale ainsi que les processus cognitifs qui les sous-tendent. Souvent, les CRI reposent sur la méthode du Discrete Trial Training (DTT), qui consiste à construire les apprentissages par incréments successifs plutôt qu'en un seul bloc [Smith, 2001]. Par ce biais, certaines adressent directement les comportements de communication et les aptitudes sociales tandis que d'autres seront dédiées à la réhabilitation des processus cognitifs de reconnaissance des émotions (et aux processus liés à la ToM en général), ou des capacités exécutives.

### 4.2.1 Communication

La réhabilitation du langage a été une des premières préoccupations dans les CRI auprès des enfants avec TSA. En 1985, Charlop *et al.* ont amélioré les réponses verbales spontanées de sept enfants avec TSA dans une tâche de réponse verbale à un stimulus qui leur est précédemment présenté (*i.e.*, une carte représentant une pomme) dans une procédure reposant sur un délai présentation/réponse [Charlop *et al.*, 1985]. Les bénéfices de ces interventions en termes d'initiation de la communication des enfants avec TSA ont été compilés [Duffy et Healy, 2011]. En 2002, la revue de littérature de Goldstein a présenté les bénéfices des interventions basées sur le langage, et notamment celles incluant le langage des signes, l'utilisation du DTT ainsi que les approches intégrées à l'environnement [Goldstein, 2002]. Les interventions basées sur le langage des signes ont été largement répandues auprès d'enfants aux capacités communicationnelles réduites ; elles reposaient pour la plupart sur l'utilisation de supports imagés de communication augmentée et alternative [Goldstein, 2002]. Douze études répertoriées ont révélé la pertinence du DTT dans l'apprentissage

des comportements communicationnels, par le biais de renforçateurs et de prompts, préconisés dans l'ABA. Ces données représentent les fondations pour le développement de procédures pertinentes à la rééducation de la communication verbale chez les enfants avec TSA [Goldstein, 2002].

Comme dans la nouvelle classification des TSA [American Psychiatric Association, 2013] certaines interventions ne font pas la distinction entre difficultés dans la communication et les interactions sociales, et ont plutôt pour but la réhabilitation de la « communication sociale » chez les enfants avec TSA. Par exemple, Ingersoll décrit et compare deux méthodes pour ce type d'interventions, distinguant les interventions développementales et comportementales naturalistes des interventions dites socio-pragmatiques, basées sur les interactions [Ingersoll, 2010]. Les résultats de 26 études de type CRI rapportent des améliorations dans l'attention conjointe, la réciprocité sociale, et les capacités langagières [Morgan *et al.*, 2014]. Cependant, les auteurs pointent l'hétérogénéité des mesures pour déterminer de la pertinence de ces interventions. Très récemment, une revue de la littérature des interventions basées sur les relations avec les pairs présente la pertinence de ces interventions dans l'augmentation des interactions sociales des enfants avec TSA. Les auteurs pointent tout de même du doigt le faible nombre de participants inclus, rendant la généralisation des résultats difficile [Watkins *et al.*, 2015].

### 4.2.2 Aptitudes sociales

Au cœur de la symptomatologie des TSA, les aptitudes sociales ont été une préoccupation majeure dans la prise en charge des enfants depuis les années 60. En 2010, Reichow et Volkmar présentent une revue de littérature comprenant les résultats de 66 CRI ciblant les aptitudes sociales [Reichow et Volkmar, 2010]. Une grande part de ces études effectives reposait sur les principes de l'ABA (*i.e.*, récompenses, incitations, *etc.*), aux travers de stratégies diverses. Parmi les stratégies de prise en charge, l'apprentissage avec ses pairs neuro-typiques, qui présente des résultats significatifs dans les améliorations des aptitudes sociales, est recommandé par les auteurs [Reichow et Volkmar, 2010]. Les apprentissages en groupe ont également été identifiés comme pertinents pour l'amélioration des compétences sociales globales, et des comportements amicaux. Cependant, les résultats des études sont difficilement comparables. En cause une grande hétérogénéité des évaluateurs, des mesures, et des implémentations de ces interventions (pour revue : [White *et al.*, 2007 ; Reichow *et al.*, 2012]). Les scripts sociaux constituent une autre stratégie de CRI adressant les aptitudes sociales. Ils ont été largement utilisés auprès des enfants avec TSA, grâce à des outils comme Social Stories™ [Kokina et Kern, 2010 ; Reynhout et Carter, 2006]. Ces outils, issus d'un d'une conception prenant en compte le fonctionnement particulier des enfants avec TSA, se présentent sous la forme d'histoires courtes décrivant une situation, des concepts, ou des aptitudes sociales qui feront sens pour l'enfant [Reynhout et Carter, 2006]. Les CRI reposant sur ces outils ont rapporté des résultats en termes de réduction de comportements inappropriés, d'améliorations de la communication et dans la performance

à une tâche [Reynhout et Carter, 2006]. Néanmoins, les apprentissages semblent peu ou pas maintenus dans le temps, leur généralisation à d'autres situations absentes [Reynhout et Carter, 2006].

Ici encore, certains auteurs ne distinguent pas aptitudes sociales et mécanismes de ToM, les amenant à considérer la « cognition sociale » dans leurs interventions auprès des enfants avec TSA [Ozonoff et Miller, 1995]. Récemment, une étude présente les résultats d'une CRI auprès de 69 enfants avec TSA. Celle-ci incluait une rééducation de la communication non-verbale, de la reconnaissance d'émotions ainsi que des mécanismes de ToM plus élaborés. Les auteurs rapportent des améliorations significatives dans la communication non-verbale, l'empathie et les relations sociales [Soorya *et al.*, 2015]. Ces dernières années ont donné lieu à l'apparition de nouvelles approches. C'est par exemple le cas des interventions basées sur la création collaborative avec des Lego™ [3], qui présentent des résultats intéressants dans le développement des aptitudes sociales des enfants avec TSA [Brett, 2013]. D'autres CRI innovantes explorent les apports du théâtre pour la réhabilitation des aptitudes sociales des enfants avec TSA, et rapportent une augmentation et une amélioration des interactions sociales avec les pairs neuro-typiques [Corbett *et al.*, 2015].

### 4.2.3 Mécanismes de ToM

La littérature fait une large place aux CRI dédiées à l'entrainement des capacités relatives au deuxième niveau de ToM : l'identification et la mentalisation des états mentaux d'autrui. Parmi elles, les entrainements à l'identification des émotions sont les plus répandus. Ryan et Charragáin ont proposé un programme d'entrainement à 20 enfants avec TSA, par groupes de 4 à 7, dans des séances de travail d'une heure, à raison d'une séance par semaine durant un mois. Leur performance a été comparée à celle de 10 enfants contrôles. Les auteurs rapportent une amélioration significative de la performance dans la tâche d'identification des 6 émotions de base chez les enfants ayant bénéficié de l'entrainement [Ryan et Charragáin, 2010]. Les auteurs soulignent l'aspect très répétitif de ces entrainements, ainsi que les difficultés de généralisation des apprentissages [Golan et Baron-Cohen, 2006 ; Silver et Oakes, 2001]. Aussi, la très grande majorité de ces entrainements repose sur un outil informatique [Golan et Baron-Cohen, 2006] ou sur des supports vidéo [Golan *et al.*, 2010]. Ils seront présentés dans la section suivante, qui décrit comment les interventions, et notamment les CRI, ont investigué les nouvelles technologies dans la prise en charge des enfants avec TSA. Par ailleurs, outre la reconnaissance des émotions, les CRI ont également concerné les autres mécanismes de ToM. Une étude a évalué la pertinence d'un programme d'entrainement à la ToM auprès de 18 enfants avec TSA. Les auteurs rapportent des améliorations significatives dans les domaines de la perception/imitation, les croyances de premier ordre, les faux-semblants ainsi que la compréhension de l'humour. De plus, les

3. Lego™, d'une marque danoise, est un jeu de construction largement répandu en Europe. Il est basé sur des briques élémentaires à assembler.

comportements socio-adaptatifs des enfants évalués par les parents grâce à la VABS ont également progressé dans les domaines des aptitudes sociales et des loisirs [Gevers *et al.*, 2006]. Ces résultats concernant la généralisation des connaissances acquises sont à nuancer au vu d'autres études. En effet les répercussions fonctionnelles des apprentissages cognitifs semblent absentes dans une étude incluant 40 enfants avec TSA qui rapporte des résultats mitigés : les connaissances des concepts de ToM ont été améliorés, alors que l'empathie et les comportements sociaux demeuraient inchangés [Begeer *et al.*, 2011].

D'autre part, le premier niveau de ToM (*i.e.*, identification et mentalisation de ses propres états mentaux) a lui aussi fait l'objet de CRI auprès des enfants avec TSA. Elles avaient pour objet l'entrainement à l'identification de ses propres émotions, ainsi que le développement de stratégies d'autorégulation émotionnelle (pour revue : [Reid *et al.*, 2013]). Reposant sur des définitions variables de l'autorégulation émotionnelle, ces stratégies peuvent tout de même être divisées selon 5 axes : l'autogestion, l'autoévaluation, l'identification de buts, l'auto-instruction et l'auto-renforcement [Reid *et al.*, 2013]. Une revue des CRI pour l'autogestion des enfants avec TSA a montré leur pertinence pour améliorer l'adaptation de leurs comportements [Lee *et al.*, 2007]. Une intervention spécifique pour la gestion de la colère impliquant 45 enfants avec TSA reposait sur un entrainement de 2h/semaine pendant 6 semaines. L'évaluation par les parents a indiqué un recul significatif des épisodes de colère à la fin de l'intervention, accompagné d'une plus grande confiance des parents dans les capacités d'autorégulation de leur enfant. Aussi, les enseignants et les parents ont rapporté certaines généralisations des enseignements acquis en clinique dans l'environnement scolaire ainsi qu'au domicile [Sofronoff *et al.*, 2007].

Dans une étude comparant les effets d'un entrainement des processus de ToM aux effets d'un entrainement des fonctions exécutives, des auteurs rapportent des performances améliorées dans les tâches de ToM dans les deux types d'entrainement. En revanche, les performances dans les tâches impliquant les fonctions exécutives n'étaient pas améliorées [Fisher et Happé, 2005].

### 4.2.4 Capacités exécutives

Bien que moins nombreuses, les CRI ont été utilisée pour la réhabilitation d'autres processus cognitifs de plus haut niveau des enfants avec TSA : les fonctions exécutives (pour revue : [Ozonoff, 1998]). Par exemple, une tâche d'empan numérique inverse impliquant directement la mémoire de travail a été entrainée chez 3 participants en utilisant le renforcement positif. Tous les 3 présentaient des performances améliorées sur cette tâche à la fin de l'intervention [Baltruschat *et al.*, 2012]. Dans une étude impliquant plus de participants (n=121), des auteurs ont rapporté des effets significatifs de deux entrainements, un sur la mémoire de travail, l'autre sur la flexibilité cognitive. En revanche les participants ne présentaient pas d'amélioration d'inhibition [Vries *et al.*, 2015]. Les mécanismes d'attention ont également pu être améliorés au travers d'un programme d'entrainement perceptivo-moteur impliquant 40 enfants avec TSA [Afshari, 2012].

Les CBT, comme les CRI, ont été conduites principalement dans des environnements dits protégés, c'est-à-dire en retrait par rapport à la vie quotidienne. Typiquement, ces thérapies sont menées dans des institutions spécialisées, dans le bureau d'un thérapeute, *etc.* Ces interventions présentent souvent de bons résultats quant à l'amélioration des comportements ou des processus cognitifs adressés, mais généralement pas de transfert des compétences (*i.e.,* généralisation) aux situations de vie quotidienne. Pour répondre à ce problème, des interventions ont été implémentées directement dans les milieux de vie quotidienne. Le milieu scolaire figure au premier rang des environnements de vie quotidienne investis chez les enfants (*e.g.,* [Iovannone *et al.*, 2003 ; Goldstein, 2002].

## 4.3 Milieu Scolaire

Afin que les enfants avec TSA bénéficient des apports des interventions cognitives dans leur vie quotidienne, certains auteurs ont cherché à implanter ces interventions directement dans l'environnement scolaire, vecteur de participation sociale chez les enfants. L'enseignant, et le personnel pédagogique, se trouvent ainsi au premier plan de ces interventions [De Leo et Leroy, 2008 ; Hayes *et al.*, 2004].

### 4.3.1 Amélioration des aptitudes sociales

En 2007, Bellini *et al.* ont publié une revue de 55 interventions visant la réhabilitation des aptitudes sociales des élèves avec TSA en environnement scolaire [Bellini *et al.*, 2007]. Ils rapportent des résultats mitigés : les études de type « single-subject » (*i.e.,* étude de cas) à l 'école affichent une faible efficacité lorsqu'elle est calculée par la méthode du « percentage of non-overlapping data point », qui permet de comparer les résultats de ces différentes études. De plus, les résultats ont indiqué un maintien des effets dans le temps modéré, et une faible généralisation des apprentissages [Bellini *et al.*, 2007]. En outre, les interventions rapportant les meilleurs résultats incluaient également la réhabilitation des loisirs, de l'attention conjointe et de la communication, et notamment celles reposant sur le travail en groupe avec les pairs [Bellini *et al.*, 2007]. Ce résultat suggère des bénéfices étendus pour les approches plus globales. Récemment, une autre revue de la littérature concernait les interventions basées sur les interactions avec les pairs dans l'environnement scolaire [Whalon *et al.*, 2015]. Ici encore les 37 études impliquant 105 enfants reposaient sur un design expérimental d'étude de cas. Comme suggéré dans la précédente revue, les résultats rapportés révèlent une efficacité modérée à forte pour la réhabilitation des aptitudes sociales. Les auteurs proposent tout de même de renforcer la prise en compte des besoins spécifiques de chaque enfant, ainsi que de placer l'enseignant au centre de ces interventions [Whalon *et al.*, 2015].

Afin d'améliorer les aptitudes sociales des enfants avec TSA en milieu scolaire, certains auteurs ont inclus des entrainement spécifiques des processus de ToM et des fonctions

exécutives dans leurs interventions. C'est le cas de l'Intervention sur les Compétences Sociales (SCI-A), adaptée aux élèves avec TSA, qui a permis des améliorations significatives de 20 enfants avec TSA dans les mesures de ToM et de résolution de problème [Stichter *et al.*, 2012]. De plus, les parents des participants ont rapporté des améliorations dans leur perception des habilités sociales et du fonctionnement exécutif de leur enfant [Stichter *et al.*, 2012].

A l'image du SCI-A, des modèles d'interventions globales ont été évalués pour permettre une meilleure participation sociale des enfants avec TSA.

### 4.3.2 Modèles d'intervention globale

Les modèles d'interventions globales reposent principalement sur l'implication à la fois des enseignants et de la famille dans la décision, la mise en place ainsi que dans l'évaluation de l'intervention. Les stratégies ayant montré leur efficacité reposaient principalement sur l'apprentissage avec les pairs, la promotion de l'autorégulation et sur des approches multi-composantes [Harrower et Dunlap, 2001]. Des effets à long terme devraient être une priorité, de même que la collection de données et les interventions dont l'efficacité a été mesurée [Callahan *et al.*, 2008].

Des auteurs ont rapporté des améliorations significatives dans l'adaptation des comportements de 3 élèves avec TSA dans le cadre d'un travail conjoint entre parents et enseignants [Garbacz et McIntyre, 2015]. En 2013, une intervention comprenait à la fois un programme de préparation estival de 3 semaines et un suivi de 10 mois durant l'année scolaire. Des comparaisons pré-post intervention ont montré des améliorations significatives des participants dans leurs compétences sociales ainsi que leur capacité à identifier les émotions. De plus, parents et enseignants rapportent des améliorations des comportements sociaux des élèves avec TSA en situation [Lopata *et al.*, 2013]. Une autre CBT a été proposée à 31 élèves avec TSA durant deux ans. Leurs résultats ont été comparés à ceux de 12 enfants recevant une prise en charge classique. Les premiers ont vu leurs scores de comportements adaptatifs significativement augmentés à la fin de l'intervention par rapports aux seconds [Eldevik *et al.*, 2012]. Dans cet article, les prises en charges des enfants avec TSA dans le milieu scolaire dites « classiques » étaient issus d'un modèle de prise effectivement très répandu : le programme TEACCH.

Le programme TEACCH, pour Treatment and Education of Autistic and related Communication handicapped CHildren, repose sur la structuration forte des espaces d'apprentissage et du temps, par le biais de supports visuels papiers, ainsi que sur l'étroite collaboration entre les équipes pédagogiques et les familles [Mesibov *et al.*, 2004]. Selon la revue de Ospina *et al.*, TEACCH a permis des améliorations significatives chez les enfants avec TSA, notamment dans le fonctionnement cognitif, les comportements socio-adaptatifs et la communication [Ospina *et al.*, 2008]. Il a même été rapporté comme étant supérieure aux prises en charge spécialisées classiques [Panerai *et al.*, 2002]. Bien qu'initialement prévu pour des environnements d'apprentissage protégés, l'efficacité de ce programme a égale-

ment été démontrée lorsqu'il est adapté aux situations de vie quotidienne (*i.e.,* la classe ordinaire et le domicile) [Panerai *et al.*, 2009]. Cependant, une méta-analyse de la littérature (13 études) a rapporté des résultats plus nuancés, mettant en avant la faible efficacité du programme pour la réhabilitation du fonctionnement cognitif, ainsi que des améliorations « négligeables » des aptitudes à la vie quotidienne, la communication et le fonctionnement moteur [Virues-Ortega *et al.*, 2013a].

L'ensemble des résultats présentés dans cette section démontre une pluralité dans l'offre d'interventions disponibles pour les enfants avec TSA. Les CBT, comme les CRI, se sont révélées particulièrement pertinentes lorsqu'elles impliquaient en plus des thérapeutes et soignants les personnes autour de l'enfant : typiquement les parents et les enseignants. Ces interventions affichent néanmoins des limites quant au maintien des apprentissages dans le temps et à leur généralisation limitée. D'autant plus lorsque l'intervention est conduite en environnement spécialisé [Bellini *et al.*, 2007]. Ainsi, les interventions conduites directement dans l'environnement scolaire permettent de répondre au problème de l'inclusion des enfants avec TSA. Cependant, ces interventions reposent sur une implication directe des personnels des équipes pédagogiques, ainsi que sur des supports visuels encombrants et dont la réalisation et l'adaptation à chaque enfant sont coûteuses en temps [Gagné, 2010; Hayes *et al.*, 2010]. Enfin, il est difficile de collecter et de comparer les données liées à ce genre d'intervention, afin de statuer sur leur impact. En effet, comme toute recherche clinique en milieu naturel, une tension s'opère entre validité écologique et validité empirique.

Pour répondre à ce problème, les auteurs ont investigué les solutions technologiques dans leurs interventions auprès des enfants avec TSA que ce soit dans le cabinet du thérapeute sur des supports fixes (ordinateurs) ou bien directement dans les milieux naturels comme les classes, grâces aux possibilités offertes par la généralisation des supports mobiles (tablettes, smartphones).

CHAPITRE

5

# Les technologies dans la prise en charge des enfants TSA

*Le domaine des technologies de la santé, c'est-à-dire l'utilisation des nouvelles technologies 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 DI [Goldsmith et LeBlanc, 2004 ; Mechling, 2007]. En effet, la préférence accentuée de ces enfants pour les ordinateurs et les jeux vidéo pour les assister dans la communication sociale et les activités académiques a été rapportée [Putnam et Chong, 2008]. Ces technologies, conçues spécifiquement pour répondre au fonctionnement particulier des enfants avec TSA, ont été utilisées aussi bien dans le cadre de CRI en environnement protégé que pour l'assistance en situation de vie quotidienne.*

## Sommaire


5.1 Principes de conception pour les TSA . . . . . **68**
5.2 Les CRI basées sur ordinateur . . . . . **69**
5.3 L'assistance en vie quotidienne : des applications dans le milieu scolaire . **75**

## 5.1 Principes de conception pour les TSA

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

### 5.1.1 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 de la simplicité et de la prédictibilité dans les affichages, ainsi que des correspondances claires entre les actions et les feedbacks 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 doivent privilégier les supports visuels [Hayes *et al.*, 2010 ; Hirano *et al.*, 2010 ; Hourcade *et al.*, 2013]. Pour 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]. Aussi, 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 : pas de messages d'erreur, pas de réponse fausse, *etc.* [Hourcade *et al.*, 2013].

### 5.1.2 La conception participative

Afin d'intégrer au plus près des besoins particuliers des enfants avec TSA, la conception participative consiste à les inclure directement dans le processus de conception, dans une collaboration avec les développeurs des technologies. Bien que faire participer les enfants avec TSA représente un challenge, compte tenu de leurs difficultés dans la communication sociale, cette approche créé 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 *et al.*, 2012]. Par exemple, une 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 *et al.*, 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 de conception évolutif.

Enfin, le projet ECHOES implique également les enfants avec TSA dans la conception d'un environnement d'apprentissage numérique [Frauenberger *et al.*, 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.

## 5.2 Les CRI basées sur ordinateur

Les CRI numériques sont généralement réservées aux environnements protégés. En effet, ces environnements permettent un travail de rééducation en-dehors des situations de vie quotidienne. Classiquement, ces CRI sont implémentées sur des supports technologiques fixes, comme l'ordinateur. Il existe un grand nombre de ces interventions, qui prennent souvent la forme d'un jeu sérieux (pour revue : [Zakari *et al.*, 2014]). Si elles peuvent adresser spécifiquement l'ensemble des troubles cognitifs associés aux TSA, des auteurs ont proposé de considérer 4 catégories des domaines d'application des CRI numériques : la communication, les aptitudes sociales, la reconnaissance des émotions, ainsi que les processus de ToM (pour revue : [Ploog *et al.*, 2013]). Nous complétons cette classification par l'ajout des CRI numériques pour TSA adressant la rééducation des processus attentionnels.

### 5.2.1 La communication

La rééducation des déficits dans l'expression et la réception du langage ainsi que de la lecture au travers d'outils technologiques a été étudiée dès 1973, date à laquelle l'étude de Colby faisant état de l'utilisation d'un ordinateur et d'un clavier pour encourager des enfants avec TSA à parler a été publiée [Colby, 1973]. Depuis, de nombreux travaux ont été menés pour déterminer les effets de ces interventions basées sur ordinateur qui s'adressent aux enfants non-verbaux ou aux capacités communicationnelles très limitées. Millar *et al.* présentent une revue de cette littérature courant de 1975 à 2003 [Millar *et al.*, 2006]. Ils rapportent des améliorations dans la production langagière des enfants, même s'ils pointent du doigt les faiblesses méthodologiques des études considérées (peu de partici-

pants 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]. 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 *et al.*, 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.

Un autre domaine dans ces interventions liées à la communication verbale concerne l'utilisation d'appareils permettant la génération de discours (en anglais Speech-Generative Device, ou SGD). Ces interventions 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 et Rispoli, 2010]. Le SGD le plus répandu auprès des enfants avec TSA est le Picture Exchange Communicative System (PECS). Il s'agit d'un programme qui permet de générer un discours à partir de la sélection de pictogrammes. S'il est largement répandu, les bénéfices liés à son utilisation ne sont pas encore clairement établis : les gains en communication étaient faibles à modérés tandis que les gains dans le discours étaient faibles voire négatifs [Flippin *et al.*, 2010 ; Ganz *et al.*, 2012].

### 5.2.2 Les aptitudes sociales

Deux principales techniques sont couramment utilisées dans les CRI adressant 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 CRI se réalisent sur vidéos (technique « Video-modeling ») ou dans des environnements de réalité virtuelle (technique « virtual simulation ») mais ont en commun de reposer sur le renforcement des apprentissages par des mises en situation écologique [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. D'abord, 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 d'imiter la compétence apprise [Bellini *et al.*, 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 l'efficacité de ces approches fait état de leur pertinence pour la rééducation des compétences sociales et des compétences de jeu parmi les enfants avec TSA, en donnant les modalités les plus appropriées [Shukla-Mehta *et al.*, 2009]. Parmi elles, l'utilisation de renforçateurs, de même que d'incitateurs en plus du visionnage constitue un principe assurant l'efficacité de l'intervention. De même, il a été établi que les caractéristiques des enfants doivent être prises en compte au préalable, notamment les capacités d'imitation et de compréhension ainsi que les capacités attentionnelles afin d'adapter les vidéos en termes de durée et de contenu.

L'utilisation de la réalité virtuelle (RV) s'est faite relativement tardivement comparée à l'utilisation des vidéos : en cause les équipements technologiques requis (*e.g.,* qualité de l'affichage, interacteurs divers, *etc.*) dont le coût était élevé jusqu'à ces dernières années. Dans une revue de 2007, Strickland *et al.* posent les bases des principes de la RV appliquée aux enfants avec TSA en présentant l'évolution et les résultats des premières CRI basées sur la réalité virtuelle [Strickland *et al.*, 2007]. L'année suivante, Grynszpan *et al.* ont proposé un environnement de RV qui impliquait des textes, du discours et des images [Grynszpan *et al.*, 2009]. Cet environnement a été utilisé par 10 enfants avec TSA au travers de 13 sessions, à raison d'une session par semaine, ainsi que par 10 enfants neuro-typiques contrôles. En plus de l'entraînement, le logiciel a également permis l'évaluation des participants, révélant par exemple l'effet délétère des interfaces multimodales sur les mesures du nombre de réponses correctes, du nombre d'essais par scénario, et du temps de réponse [Grynszpan *et al.*, 2009]. Faisant levier sur le contrôle absolu des évaluateurs sur les conditions d'expérimentation que permettent les environnements de RV, les auteurs ont également examiné les apports de l'affichage d'émotions faciales dans les dialogues à la pragmatique complexe (*e.g.,* le sarcasme, les métaphores). Enfin, les auteurs ont investigué la généralisation de l'entrainement au travers d'un autre jeu, lui aussi implémenté dans le même environnement virtuel, qui ajoutait de la difficulté par l'apparition de phrases hors du contexte ou inappropriées. Les résultats ont indiqué une amélioration des enfants avec TSA pour l'identification des phrases non-pertinentes uniquement sur les exemples comportant seulement du texte. Ainsi, la RV offre un contrôle total sur les modalités de l'interface, permet la flexibilité des conditions d'expérimentation et offre la possibilité d'évaluation au travers d'indices objectifs.

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-touch (*i.e.,* l'interface permet des interactions simultanées à plusieurs endroits) [Giusti *et al.*, 2011]. La collaboration est encouragée au travers de tâches dans lesquelles les enfants doivent interagir ensembles avec l'interface (pour revue : [Chen, 2012]). Très 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 *et al.*, 2016]. Les technologies tactiles dites du multi-touch offrent donc de nouvelles possibilités pour la prise en charge des enfants avec TSA.

### 5.2.3 La reconnaissance des émotions

Depuis longtemps réalisé auprès des enfants avec TSA sur des supports papier, l'entraînement à l'identification des émotions repose maintenant largement sur des solutions technologiques. C'est le cas de Bölte *et al.* qui présentent le développement et la validation expérimentale d'un logiciel destiné à l'entrainement et à l'évaluation de la reconnaissance des émotions des enfants avec TSA [Bölte *et al.*, 2002]. Dans un entraînement durant 5 semaines auprès de 10 enfants avec TSA, à raison de 2h par semaine, les auteurs ont enregistré des améliorations significatives de la capacité à identifier les émotions chez le groupe expérimental. En revanche, aucun effet n'a été constaté sur les autres mesures relatives au transfert de cet apprentissage [Bölte *et al.*, 2002]. Dans une autre étude, le logiciel « Emotion Trainer » a été utilisé par un groupe de 11 enfants avec TSA à travers 10 sessions d'une demi-heure chacune réparties sur deux semaines. Si l'entraînement a permis de réduire les erreurs 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 cartoons ainsi qu'au travers d'histoires non-littérales [Silver et Oakes, 2001]. Cependant, les auteurs n'ont pas évalué le transfert de ces apprentissages sur d'autres tâches. Lacava *et al.* ont également rapporté les résultats d'une CRI ciblant les émotions simples, mais aussi les plus complexes, conduite auprès d'un groupe de 8 enfants avec TSA [Lacava *et al.*, 2007]. Après un entraînement de 10 semaines, les participants ont vu leurs performances de reconnaissance des émotions sur photo et dans la voix significativement améliorées.

Néanmoins, dans une revue de ces interventions, Ramdoss *et al.* rapportent des résultats mitigés. En effet, lorsque les interventions étaient évaluées à travers des outils développés par les auteurs, les résultats étaient très concluant ; à l'inverse, ils apparaissaient beaucoup plus faibles, voire même parfois inexistants, sur des échelles standardisées [Ramdoss *et al.*, 2012]. 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, il en va de même pour les supports dynamiques. En la matière, la série de DVD Transporters a été largement reprise à travers les CRI auprès des enfants avec TSA (Figure 5.1). En 2010, Golan *et al.* ont comparé les performances d'un groupe d'enfants avec TSA ayant regardé ces DVD durant 4 semaines (n=20) à celles d'un groupe témoin clinique (enfants avec TSA sans entrainement, n=18) et à celles d'un groupe témoin neuro-typique (n=18) [Golan *et al.*, 2010]. Les auteurs rapportent des performances significativement améliorées pour le groupe expérimental comparé aux performances du groupe témoin clinique dans les mesures de vocabulaire émotionnel et d'identification des émotions sur 3 niveaux de généralisation. Aussi, à la fin de l'intervention, le groupe TSA expérimental présentait des performances équivalentes à celles du groupe témoin neuro-typique, étayant la pertinence de l'intervention [Golan *et al.*, 2010]. Si le visionnage de Transporters semble pertinent pour les enfants dans la partie supérieure du spectre de fonctionnement intellectuel, les résultats sur les enfants plus jeunes, au fonctionnement cognitif plus limité, sont plus contrastés. Dans une intervention similaire, Young *et al.* rapportent des bénéfices équivalents pour le

groupe ayant visionné Transporters que pour le groupe ayant visionné un dessin animé classique [Young et Posselt, 2012]. Une autre CRI incluant ce type de public a rapporté des bénéfices uniquement sur l'identification de la colère, avec un faible maintien de ces apprentissages à 3 mois [Williams *et al.*, 2012].

La démonstration de l'efficacité des CRI 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 de ToM.

FIGURE 5.1 – Capture d'écran de la série DVD Transporters.

### 5.2.4 Les processus de ToM

En plus des entraînements à l'identification des émotions, Ramdoss *et al.* présentent également les résultats des entrainements à la prosodie et aux fausses croyances [Ramdoss *et al.*, 2012]. Si la littérature a produit des résultats non- significatifs, certaines CRI adressant la rééducation de la prosodie ont présenté des résultats positifs, avec des effets modérés [Lacava *et al.*, 2007] à larges [Lacava *et al.*, 2010]. Ces deux CRI reposaient sur l'utilisation du logiciel Mind Reading, développé au Centre de Recherche sur l'Autisme dirigé par le professeur Baron-Cohen, à l'Université de Cambridge (Figure 5.2).

Le logiciel Mind Reading 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 et Baron-Cohen, 2006]. En effet, le logiciel contient une taxonomie de 412 émotions et états mentaux, groupés

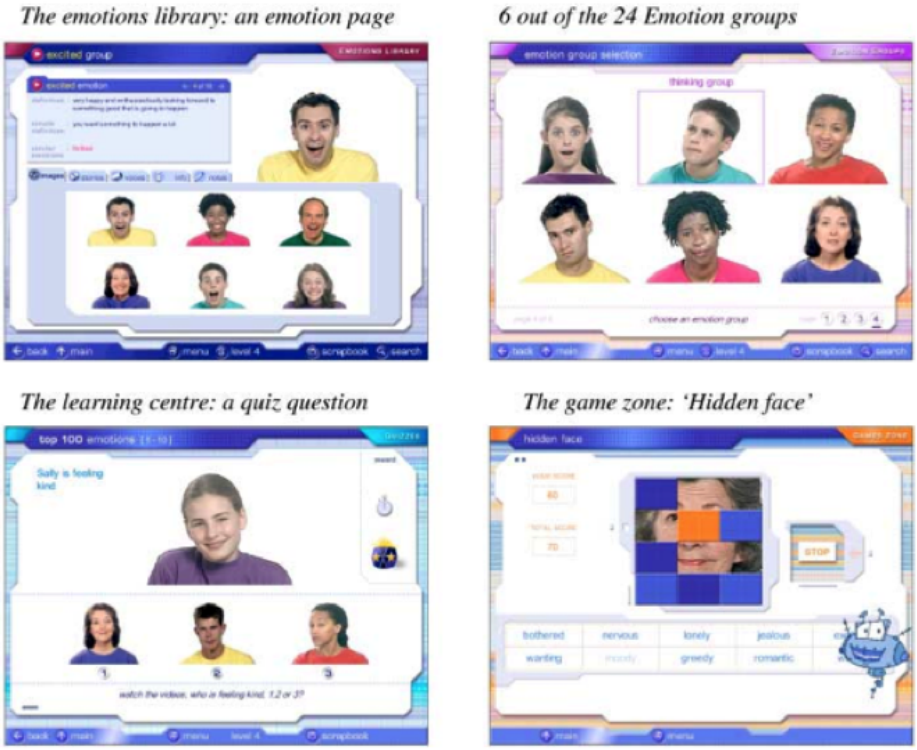



FIGURE 5.2 – Logiciel Mind Reading [Golan et Baron-Cohen, 2006].

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 d'enfants avec TSA [Ploog *et al.*, 2013]. Similairement, les sections 2, 3, 4 et 5 du logiciel présenté par Silver *et al.* (2001) ciblaient d'autres processus de ToM que la seule identification des émotions. En effet, ces fonctionnalités faisaient intervenir des capacités de mentalisation des états mentaux d'autrui, que ce soit à travers des images de cartoons 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'un 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 et Oakes, 2001]. Les auteurs ont rapporté des améliorations significatives dans les mesures associées aux sections 2 et 3 pour le groupe TSA expérimental seulement.

### 5.2.5 Les processus attentionnels

Si les CRI ont largement investigué la rééducation des compétences de communication sociale et des processus de ToM dans leur ensemble auprès des enfants avec TSA, certaines ont spécifiquement ciblé les difficultés attentionnelles rencontrées par ces enfants. C'est le cas du dispositif présenté par Zheng *et al.* (2015), qui permet à l'enfant de s'entraîner à orienter son attention à l'appel de son nom (*i.e.,* vers un endroit de la pièce) à travers l'association de 5 écrans et de 4 caméras. Les caméras étaient utilisées pour déterminer l'orientation du visage, afin d'en déduire l'orientation de l'attention [Zheng *et al.*, 2015]. Les auteurs ont montré l'utilisabilité de leur système auprès de 5 enfants avec TSA et 5 enfants neuro-typiques. Dans un autre registre, Tanaka *et al.* (2010) ont fait participer 42 enfants avec TSA à une CRI basée sur un programme informatique (Let's Face It!) porté notamment sur la détection de stimuli pertinents pour la reconnaissance d'un visage, au travers de stratégies analytiques et holistiques. Après un entraînement de 20h et comparé au groupe contrôle (n=37), le groupe expérimental a démontré des améliorations significatives dans leur reconnaissance analytique des régions de la bouche et la reconnaissance holistique du visage basée sur les yeux [Tanaka *et al.*, 2010].

Les CRI numériques affichent une efficacité relativement bien documentée auprès des enfants avec TSA. Les processus et compétences ciblées 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 des situations de vie quotidienne ou sur des processus qui n'était pas entraînés. En d'autres termes, ces interventions n'ont pas eu d'impact réellement mesurable en vie quotidienne des enfants. Apparaît donc 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 ainsi pu permettre le développement d'interventions vouées à l'assistance cognitive en situation de vie quotidienne. Pour notre propos, nous détaillerons essentiellement les assistances numériques en vie scolaire.

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

Le nombre de solutions numériques ciblant l'entraînement cognitif ou l'assistance d'activité 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 l'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 et Limbrick, 2015]). Ce domaine en très forte expansion nous éclaire sur l'impact que ces technologies peuvent avoir sur la vie quotidienne des personnes avec TSA. Cependant, il se confronte désormais à de nouveaux challenges, comme la nécessité de conduire des études de grande envergure (avec un grand nombre de participants et des mesures de généralisation des apprentissages) ou de traiter des masses considérables de données pour faire émerger de nouveaux savoirs sur les personnes avec TSA et les technologies d'assistance [Kientz *et al.*, 2013 ; Schic *et al.*, 2015].

### 5.3.1 L'assistance à la communication

Ces technologies se sont d'abord largement adressées 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 5.3). Une revue des interventions de type AAC conclut que leur utilisation n'interfère pas dans la production du langage des enfants avec TSA, et peut même au contraire l'améliorer [Schlosser et Wendt, 2008]. Cependant, les bénéfices de ces interventions apparaissent modestes, comparées aux méthodes de pris en charge classiquement conduites dans les classes spécialisées. Dans le large panel des supports d'AAC disponibles, Son *et al.* (2006) ont comparé la version du numérique du PECS avec un autre support d'AAC : le Voice-Output Communication Aide (VOCA). Le premier a été préféré par 2 enfants avec TSA, le second par un autre enfant avec TSA [Son *et al.*, 2006]. Les auteurs rapportent de faibles différences dans le taux d'acquisition 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, 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. Une application similaire, appelée MyVoice, a été déployé 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 faire la preuve empirique d'une amélioration des compétences communicationnelles [Campigotto *et al.*, 2013].

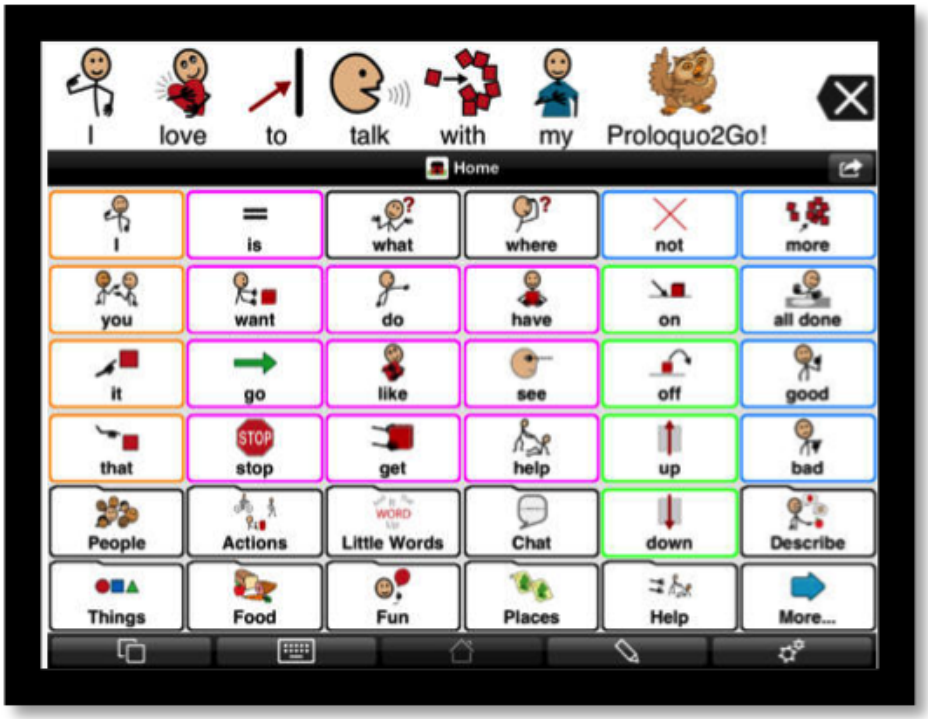



FIGURE 5.3 – Exemple de technologie AAC : l'application Proloquo2Go.

### 5.3.2 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 divisent les activités en séquences d'étapes décrites par une consigne écrite et illustrées par une image [McClannahan et Krantz, 1999]. Ces dispositifs visuels ont été inclus dès les premières versions des CBT pour les enfants avec TSA, que ce soit dans l'ABA, la méthode Lovaas ou le programme TEACCH. Leur efficacité a d'ailleurs été démontrée au travers de nombreuses études [Koyama et Wang, 2011 ; Lequia *et al.*, 2012 ; McClannahan et Krantz, 1999]. Pour les auteurs, 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 la tâche, et donc l'environnement, prédictible : [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] (Figure 5.4).

L'implémentation des programmes d'activités sur les supports technologiques permet de briser ces barrières (pour revue : [Mechling, 2007 ; Ben-Avie *et al.*, 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 d'assister les enfants à l'initiation, ou bien à la gestion des tâches. Cihak *et al.* ont assisté des enfants avec TSA dans l'initiation d'une tâche de classe classique (*e.g.,* écrire, lire, écouter, *etc.*) à l'aide d'un smartphone [Cihak *et al.*, 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 *et al.*, 2010]. A la fin des 8 semaines d'intervention, les participants présentaient une performance dans la tâche accrue, ainsi qu'une utilisation autonome de l'assistant.

FIGURE 5.4 – Exemples de programmes d'activités sur support papier (tiré de l'article [Hayes *et al.*, 2010]).

### 5.3.3 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 la classe [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 encourageantes. 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 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 peut probable en environnement non-contrôlé. En effet, les interactions entre les utilisateurs supposent de braquer le smartphone vers la personne, interposant 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.

### 5.3.4 Introduction d'une technologie dans la classe ordinaire

De nombreuses interventions basées sur les nouvelles 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 et 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 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 [1] [Hayes *et al.*, 2008]. Les vecteurs de leurs 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 challenge 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. Et, 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

1. 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.

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 [Stephenson et Limbrick, 2013].

**Synthèse de la Partie Théorique**

En conclusion, les interventions numériques se sont beaucoup développées pour la prise en charge des enfants avec TSA. Si elles offrent de nouvelles possibilités, elles comportent également des limitations qui doivent être adressées (cf la conférence ITASD sur les technologies innovantes au service des TSA, Paris, Octobre 2014).

1. Les interventions numériques pour les enfants avec TSA concernent majoritairement la remédiation des troubles 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 limite grandement leur prescription par les professionnels.
2. Elles impliquaient des nombres restreints de participants (généralement inférieur à 10) aux caractéristiques des participants TSA très variables (QI, capacités langagières, ToM, *etc.*). Aussi, du fait du faible nombre de participants, les mesures employées étaient souvent de nature qualitative plutôt que quantitative, rendant la généralisation des résultats difficile. Enfin, les effets statistiques rapportés étaient modérés lorsqu'ils reposaient sur des mesures développées par les auteurs, et faibles voire négatifs sur des mesures standardisées.
3. Des études ont vu le jour en milieu scolaire, répondant aux besoins d'assistance en situation pour les enfants avec TSA. Cependant, ces dernières ciblent presque exclusivement la classe spécialisée, aux dépend d'une assistance à l'inclusion en classe ordinaire. En résulte un impact limité de ces technologies pour augmenter la participation sociale de ces enfants avec leurs pairs neuro-typiques.

PARTIE 2

# THEORETICAL PART

CHAPITRE

# 6 Children with Autism Spectrum Disorders

## 6.1 Clinical description of ASD

### 6.1.1 Diagnosis

The last version of the Diagnostic and Statistic Manual of Mental Disorders proposed by the American Psychiatric Association dedicates a specific diagnostic category to the "Autism Spectrum Disorders" (ASD) (DSM-V, [American Psychiatric Association, 2013]), replacing the previous "Pervasive Developmental Disorders" (PDD) (DSM-IV-TR, [American Psychiatric Association, 2000]). This terminology also exists in the F chapter of the 10th version of the International Classification of Disease proposed by the World Health Organization [Organisation Mondiale de la Santé, 2002].

The transition from PDD to ASD reflects a scientific consensus on the fact that the four distinct pathologies among PDD (Autism, Asperger Syndrome, Childhood Disintegrative Disorder and Pervasive Developmental Disorders-No Otherwise Specified) are actually just one (ASD). The degree of the symptomatology varies on the two core domains of the diagnosis. The DSM-V now proposes a dyad of impairments gathering alterations of communication and social interactions under the term "social communication impairments" (1)(criterion A). The second part of this dyad is related to the restricted and repetitive behaviors (RRB) (2)(criterion B) (see Figure 6.1). Note that even though RRB was kept from the previous classification, atypical sensorial manifestations have added to this domain of impairments. This dyad of impairments forms the main criteria of the diagnosis, but it also relies on three complementary criteria. Impairments have to be exhibited early in the development (criterion C), to impact social, professional and other aspects of everyday life (criterion D) and cannot be better explained by a developmental delay or intellectual disabilities (criterion E). Hence the ASD diagnosis relies on pluridisciplinary evaluation of

the five aforementioned criteria on a scale from 1 to 3, establishing the degree of assistance required. Adapted care programs can then be proposed.

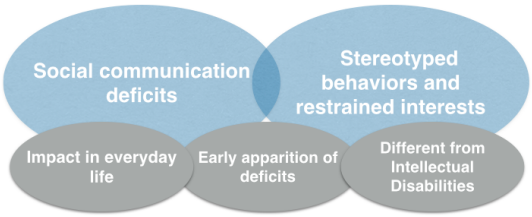



FIGURE 6.1 – Diagnostic criteria of ASD according to DSM-V.

The ASD diagnosis is clinical and depends on both the study of the child development (typically from the parents' point of view) and the functional evaluation of the child, through direct observations in situation. Concretely, three tools are commonly used : the Autism Diagnostic Interview (ADI), the Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS) and the Childhood Autism Rating Scale (CARS). The ADI [Le Couteur *et al.*, 1989] is a semi-structured interview with the parents aiming to recount the developmental history of the child. It allows pronouncing a judgment on the passed or present presence of particularities in the domain of communication, social interactions, and cognitive and behavioral flexibility. The revised version of the ADI (ADI-R, [Lord *et al.*, 1994]) has been shortened and reorganized to be appropriate for individuals of mental age ranging from 18 months to adult. The ADOS [Lord *et al.*, 2000] is a functional evaluation based on a semi-structured observation of an individual in situation, ranging from 2 years old to adult. It proposes standardized activities that allow an examiner to rate the occurrence of behaviors on which ASD diagnosis relies. The session is recorded and scored afterwards. Four scores can be obtained, with a threshold indicating the pathological nature of the deficits regarding ASD diagnosis. The CARS is a diagnostic scale evaluating the severity of ASD on 14 items, regarding impaired domains (*e.g.*, social interactions, mimicking, emotional responses) [Schopler *et al.*, 1980]. A 15th item concerns the "global impressions" on behaviors of an individual, qualitatively and quantitatively. Each item is scored on a Lickert scale ranging from 1 ("normal") to 4 ("severely impaired") and regarding functional expectations according to the age of the individual.

The new terminology of ASD has been widely accepted by the scientific community (12631 scientific publications result from a search with "autism spectrum disorders" in PubMed). Literature reports a strong validity of this new classification to discriminate people with ASD from others (high specificity) [Frazier *et al.*, 2012 ; McPartland *et al.*, 2012]. However, some limitations have been pointed out to describe individuals among the spectrum (limited sensitivity), especially for people on the upper cognitive functioning level. For example, only 25% of individuals diagnosed with an Asperger Syndrome according to the DSM-IV criteria access the ASD diagnosis of the DSM-V [McPartland *et al.*, 2012]. This exclusion from the diagnosis is problematic for two reasons. Firstly, without a diagnosis,

the access to care programs will be much more difficult for the person, and potentially less adapted due to a limited knowledge of their needs. Secondly, individuals excluded from the new classification will not be counted up in studies of the prevalence of ASD among the population.

In view of these elements, new studies have been conducted to measure the impact of the classification change on prevalence rates.

### 6.1.2 Epidemiology

Prevalence is the number of diagnosed people in a given population. It depends on the access of people to the diagnosis, criteria of which it relies and data gathering diagnosed people. In the update of his baseline literature review of 2009 [Fombonne, 2009], Fombonne includes data from a systematic review of 2012 reporting global PDD prevalence, according to the DSM-IV and ICD-10 criteria [Fombonne, 2012]. A prevalence rate between 90 and 120 cases of PDD on 10 000 persons is reported; autism disorders represent between 20 and 30 cases for 10 000 persons (gender ratio of 4,2 boys for 1 girl). There are few studies studying the prevalence of ASD according to the DSM-V criteria, but they report similar results : they both present prevalence rates inferior to previous studies [Kim *et al.*, 2014 ; Maenner *et al.*, 2014]. In France, the prevalence of ASD is still to be clearly determined. Specialized institutions often give the total number of 60 000 individuals with ASD (CRA Alsace). Authors usually use data from other occidental countries : USA (Centers for Disease Control and Prevention, [Fombonne, 2012 ; Christensen *et al.*, 2014]), England [Brugha *et al.*, 2011]. In his review of 2009, Fombonne presents the results from 3 studies aiming France [Fombonne, 2009]. However, these studies are relatively dated : 1989, 1992 and 1997. The French High Authority on Health (Haute Autorité de Santé) kept the number of 1 ASD diagnosis for 150 births.

As noted by a number of works on the subject, the prevalence of ASD appears to increase across time. In 2009, Fombonne reported a prevalence between 60 and 70 cases of PDD for 10 000 births [Fombonne, 2009] ; in 2012, he reported a prevalence between 90 and 120 cases for 10 000 births [Fombonne, 2012]. Smith et al. noted that the first PDD diagnoses have been multiplied by 10 between 1988 and 2000 [Smeeth *et al.*, 2004]. In France, the government declared autism as a Great National Cause in 2012 and launched the third Autism Plan [Caraglio, 2013] to address a situation described as “critical”. However, several factors can explain this increased prevalence, which is to be considered separately from the incidence [1]. First, the different definitions of ASD across time render comparisons between studies difficult, from a restricted definition of autism by Kanner in 1943 [Kanner *et al.*, 1943] to a spectrum of disorders in 2013 [American Psychiatric Association, 2013]. Secondly, recent modifications of diagnostic criteria impact recent reports of ASD prevalence. Thirdly,

1. The incidence does not take into account individuals already diagnosed but only new cases detected in a given period. Therefore the incidence cannot be based on prevalence data [Fombonne, 2012]

the various methodologies used to gather data impact the calculation of the prevalence (database from specialized structures, waiting list of hospitals, *etc.*). The increase of their prevalence indicates a better knowledge of ASD, and urges clinicians for early screening.

Screening is to be distinguished from the diagnosis, since it is realized on the general population at risk individuals (*e.g.,* when a family member is diagnosed with ASD). The screening is to be followed by a diagnosis. Since early intervention for children with ASD have been shown to be effective [Warren *et al.*, 2011], early screening is crucial. In France, the diagnosis is given at an average age of 3 years old (data over the period of 2003-2005 ; [Chamak *et al.*, 2011]). Concretely, two scales are commonly used in clinical settings to screen ASD : the Checklist for Autism in Toddlers (CHAT, [Baron-Cohen *et al.*, 1992]) and the Modified- Checklist for Autism in Toddlers (M-CHAT, [Robins *et al.*, 2001]). Completed in collaboration with the parents, these scales are used to screen young children (*i.e.,* age ranging from 16 to 30 months). The CHAT detects a lack of symbolic play, eye movements control and proto-declarative pointing with a risk of 83,3% chances to receive an ASD diagnosis [Baron-Cohen *et al.*, 1996]. The M-CHAT is rather a self-reported questionnaire destined to the parents. It targets developmental particularities of a two years old child in the domains of communication, joint attention and social interactions [Robins *et al.*, 2001]. It also exhibits a strong specificity, but a better sensitivity compared with its original version. Early screening allows an early diagnosis, leading to a better knowledge of the ASD, and associated impairments.

Comorbidities appoint impairments associated with a clinical picture of pathology ; they are consistently represented across all levels of the spectrum of ASD [LoVullo et Matson, 2009]. The most frequents are intellectual disabilities [2] (70% of individuals with ASD, [Fombonne, 2003]), attention disorders with/without hyperactivity (50% of individuals with ASD, [Leyfer *et al.*, 2006]), and anxious disorders (especially among individuals with ASD in the upper end of the spectrum, r[Mayes *et al.*, 2011]). Neurological diseases such as epilepsy concern between 20 and 25% of individuals with ASD [Amiet *et al.*, 2008] and visual and auditory sensory deficits can be respectively found in 9,5% and 1,3% of individuals with ASD [Fombonne, 2003]. Consistent comorbidities have been reported consistent across DSM-V-TR and DSM-V classifications [Rieske *et al.*, 2015].

These epidemiology data encouraged work investigating origins of ASD.

### 6.1.3 Etiology : genetic, environmental factors

Without clear biological markers, there is no scientific consensus on a unique cause of ASD at this time. Data favor a multifactorial etiology involving genetic factors associated with environmental factors. Recently, dramatic progress has been achieved on genomic basis of ASD [Abrahams et Geschwind, 2008 ; Bill et Geschwind, 2009]. Concurring rates between 60

2. Intellectual Disabilities designate an individual exhibiting an intellectual quotient under 70 with limited adaptive behaviors [American Psychiatric Association, 2013]

and 90% among homozygotes' twins against 0 to 20% for heterozygotes' twins have been reported by Hallmayer *et al.* [Hallmayer *et al.*, 2011]. Moreover, probability to receive an ASD diagnosis is 35% among brotherhood, including more than one ASD diagnosis. Therefore, the diagnosis rate is 50 to 150 times superior among brothers and sisters of ASD individuals, compared with general population [Landa, 2008]. About two hundred genetic mutations have been identified as playing a role in the venue of ASD, but they seem to be the cause of only 3% of ASD diagnoses [Bourgeron *et al.*, 2009]. Hence, further work on other factors explaining ASD are required, especially towards environmental factors.

Numerous studies reported environmental factors associated with an increased risk for ASD, distinguishing three types of factors : prenatal, perinatal and postnatal factors [Gardener *et al.*, 2009, 2011]. Albeit data are not sufficient to involve one specific factor in the etiology of ASD, they have been shown to increase their risk [Gardener *et al.*, 2009]. Among them, an older father during pregnancy increases the risk for ASD by 3,6%, whereas an older mother being pregnant increases the risk by 27,6%. Bleedings during this period could be responsible from an increase by 81% of a risk for the newborn to develop ASD, and medical treatments increase the risk by 46% [Gardener *et al.*, 2009]. Concerning perinatal and postnatal factors, the literature reports increased risks for a premature newborn, as well as newborn with low weight [Gardener *et al.*, 2011 ; Mamidala *et al.*, 2013 ; Maramara *et al.*, 2014]. Moreover, a precipitated labor, or a labor too long are both associated with increased risks [Gardener *et al.*, 2011 ; Mamidala *et al.*, 2013 ; Maramara *et al.*, 2014]. Hence, even if genetic factors have been identified, it is their combination with environmental factors that constitutes the most developed theory to date in the domain of ASD etiology.

Regardless of its origins, ASD have dramatic consequences in the functioning of an individual, leading to an atypical functioning.

## 6.2 Limited socio-adaptive behaviors for an atypical socio-cognitive functioning

During the last decades, research in neuropsychology on ASD has been developed into two main approaches. The first is a systemic approach aiming to describe the links between socio-adaptive behaviors and global cognitive functioning. The second is more structural and aims towards specifying the neurocognitive impairments in ASD.

### 6.2.1 Limited socio-adaptive behaviors

Socio-adaptive behaviors are defined by their measure in which an individual is able to be self-sufficient in real life, notably in functional using of communication, social skills, and motor skills [Gillham *et al.*, 2000]. Their limitations are measured with standardized scales, complemented by associating families and professionals to get information about the child functioning in real life. Such measure complements the diagnosis of TSA to allow

adapted interventions[3] [Tomanik *et al.*, 2007]. Several scales have been developed (*e.g.*, Adaptive Behavior Assessment System [Harrison et Oakland, 2003], Échelle Québécoise des Comportements Adaptatifs [Morin et Maurice, 2001], AAMD Adaptive Behavior Scales [Perry et Factor, 1989], but the most widely used is the Vineland Adaptive Behavior Scale (VABS) [Sparrow et Cicchetti, 1985]. It evaluates an individual's behaviors on 4 domains : Communication, Social skills, everyday life and Motor skills. A French version of the VABS has recently been developed [Hyeans *et al.*, 2015].

Numerous studies reported major deficits in adaptive capacities of children with ASD, compared with their typical developing peers, or children with other development disabilities [Liss *et al.*, 2001 ; Klin *et al.*, 2007 ; Kenworthy *et al.*, 2010 ; Ray-Subramanian *et al.*, 2011 ; Mouga *et al.*, 2015]. These studies highlight a typical autistic profile, characterized by severe impairments in the social skills domain, moderate impairments in the communication domain, and relatively preserved motor and day-to-day skills. However, this profile is not as clear-cut among children with ASD presenting intellectual disabilities [Carter *et al.*, 1998 ; Fenton *et al.*, 2003 ; Perry *et al.*, 2009]. Strong correlations have been reported between cognitive efficiency and socio-adaptive scores [Liss *et al.*, 2001 ; Kanne *et al.*, 2011 ; Ray-Subramanian *et al.*, 2011]. Bolte and Pouska showed that cognitive efficiency is highly correlated with VABS Communication sub-score, among children with ASD without intellectual disabilities, whereas it is correlated with day-to-day skills among children with ASD with intellectual disabilities ([Bölte et Poustka, 2002]. In other hand, relationships between symptoms severity and adaptive functioning are still a point at issue because of contradictory results. On one hand, some studies reported negative correlations between symptoms severity and adaptive functioning [Kenworthy *et al.*, 2010 ; Lerner *et al.*, 2011 ; Perry *et al.*, 2009] ; on the other hand other studies reported weak or no correlations between these two mechanisms [Liss *et al.*, 2001 ; Klin *et al.*, 2007]. Finally, a recent study examined relationships between age, intellectual functioning and symptoms severity of ASD. Authors found that a high cognitive efficiency and low symptoms severity would be associated with greater adaptive functioning among young children with ASD, but not for the older ones [Hill *et al.*, 2015].

In the light of these results, it appears that socio-adaptive behavior limitations, exhibited by children with ASD, cannot be explained only by an intellectual functioning measure. Several theories have been proposed through to chart socio-adaptive behavior limitations of these children.

3. The measure of adaptive behaviors is present in the diagnosis of Intellectual Disabilities in the DSM-V [American Psychiatric Association, 2013]

### 6.2.2 Atypical cognitive functioning : selective impairments of neurocognitive mechanisms

This first hypothesis, presented by Happé and Frith in 1989, is called the "weak central coherence" [Frith, 1989]. It describes a "stimuli hyper-selectivity" leading to a loss of balance in the integration of the information [Frith et Happé, 1994]. Even if their perceptual abilities seem to be preserved (*e.g.,* on the embedded figures test), these children exhibit a fragmented approach of the information, instead of a more systematic approach [Happé et Frith, 2006].

Other authors suggest that a deficit in executive functioning among children with ASD could explain their behavioral difficulties [Ozonoff *et al.*, 1991]. Attention deficits [Leekam *et al.*, 2000] have been reported for children with ASD, as well as joint attention deficits [Dawson *et al.*, 2004]. Moreover, cognitive flexibility seems to be impaired [Ozonoff *et al.*, 1991 ; Bishop, 1993 ; Müller *et al.*, 2012], as well as planning [Hughes *et al.*, 1994 ; Corbett *et al.*, 2009] and inhibition abilities [Corbett *et al.*, 2009]. This theory explains only partially the observed deficits in social cognition of children with ASD.

Another theory has been developed to better chart these difficulties : the Theory of Mind. It covers cognitive processes aimed towards emotion identification and mentalizing of self- and others' mental states (for review : [Baron-Cohen, 2001]). Such abilities are divided into two levels : 1) identification and mentalizing of self-emotions and 2) identification and mentalizing of others' emotions. Impairments in both levels have been reported for children with ASD. Especially, difficulties in the first level of ToM have been linked with limited abilities in self-regulating their behaviors [Rieffe *et al.*, 2011 ; Moriguchi *et al.*, 2006 ; Konstantareas et Stewart, 2006]. Numerous studies also reported limitations in the second level of ToM, notably in the emotion identification of others (for review : [Baron-Cohen, 2001 ; Harms *et al.*, 2010]). These limitations concerned visual static stimuli [Xavier *et al.*, 2015 ; Enticott *et al.*, 2014], dynamic stimuli [Evers *et al.*, 2015 ; Enticott *et al.*, 2014 ; Tardif *et al.*, 2007] and auditory stimuli [Hesling *et al.*, 2010]. The ToM hypothesis has certainly been the most investigated theory to explain the limited adaptation of children with ASD behaviors, and it has been linked with their executive deficits, especially with inhibition limitations [Ozonoff *et al.*, 1991 ; Bishop, 1993 ; Müller *et al.*, 2012]. In fact, the tasks that are used to assess ToM mechanisms also involve inhibition abilities. It is the case in the wide spread False Beliefs test [4] (or Sally-Ann test, [Frith, 1996]). The child has to inhibit its own knowledge of the ball location in order to give the correct answer. Similarly, self-regulating executive behaviors seem to be related to self-mentalizing mechanisms [Vickerstaff *et al.*, 2007]. Specifically, numerous work conducted on emotion regulation among individuals with ASD highlighted close links between structures involved during emotional experiences (typically the amygdala) and structures involved in modulating such experiences (*e.g.,*

4. In the False Beliefs test, 3 pictures describing two girls with two boxes are presented to the child. Sally puts a ball in her box, and leaves the room. Then Ann takes the ball out of the Sally's box and puts it on her own. Then Sally comes back, and the child is asked on which box she will look for the ball.

anterior cingulate cortex) [Mazefsky *et al.*, 2012, 2013 ; Mazefsky et White, 2014 ; Mazefsky, 2015]. Thus, these two hypotheses (*i.e.,* Executive and ToM) seem to be inter-related by common cognitive processes [Perner et Lang, 1999]. In order to explain such relationships, investigations have been conducted towards common lower-level cognitive processes, such as perceptual and motor skills. More precisely, these mechanisms seem to be slowed down among children with ASD compared with their typically-developing peers : motor skills [Schmitz *et al.*, 2003] and perceptual skills [Gepner *et al.*, 2001].

Finally, other authors, rather than investigating their perceptual deficits, proposed the "enhanced perceptual functioning" of children with ASD [Mottron et Burack, 2001]. Based on six principles, this model attempts to explain a broader perceptual functioning in which children with ASD exhibit superior performances in visual and auditory modalities, compared with their typically developing peers [Mottron *et al.*, 2006]. These domains involve notably superior performances in lower-cognitive level tasks, an atypical greater implication of perceptual abilities in higher-cognitive level tasks, as well as the pivotal role of perceptual abilities in everyday life situations [Mottron *et al.*, 2006].

All these hypotheses attempt to explain socio-adaptive difficulties exhibited by children with ASD, essentially in the communication and social skills domains, by studying the cognitive processes meant to underpin these behaviors. Such atypical functioning represents a barrier to their social participation, and advocates for a prompt development of adapted interventions towards these children.

CHAPITRE

# 7 Interventions for children with ASD

*The highly heterogeneous cognitive profiles of children with ASD require individualized assistance and interventions to overcome the barriers of their social participation, largely impeded by the standardized expectations of mainstream environments, especially school settings [Van Hees* et al.*, 2015]. Given their atypical socio-cognitive functioning, there are two major approaches of cognitive interventions that are commonly used for children with ASD. The first approach, called Cognitive Behavioral Therapy (CBT), is skill-oriented and focuses on adaptive behaviors reinforced by rewards. The second approach gathers cognitive, process-oriented interventions, focusing on the cognitive capabilities underpinning the task performance (*e.g.*, [Tanaka* et al.*, 2010]). We name such interventions Cognitive Remediation Intervention (CRI). Importantly, the two approaches are not orthogonal, but rather appear to address interrelated cognitive components to an integrated whole. Thus, they should ideally be used together into a multidimensional intervention [Stichter* et al.*, 2012].*

## Sommaire


7.1 Cognitive-Behavioral Therapies : comprehensive approaches . . . . . **94**
7.2 Cognitive Rehabilitation Interventions . . . . . **95**
7.3 School settings . . . . . **96**

## 7.1 Cognitive-Behavioral Therapies : comprehensive approaches

Among CBT for children with ASD (for review : [Ospina *et al.*, 2008 ; Ho *et al.*, 2015]), Applied Behavior Analysis (ABA) is a widely-used type of intervention [Reichow, 2012]. Similar to the Lovaas therapy from which it originates [Lovaas, 1987], ABA relies on global care principles addressing daily life abilities, from communication to school skills, to leisure, to social interaction skills. Based on intensive and repetitive training (25 to 40 hours per week), it consists of face-to-face work sessions with a therapist, focusing on one specific skill at a time. Learning is reinforced by the use of rewards, such as pictures or coins [Leaf *et al.*, 2015]. According to the review of Ospina *et al.* [Ospina *et al.*, 2008], the efficacy of such cognitive behavioral therapy is superior to a classical specialized education, not only in terms of adaptive behaviors in daily life, communication and social interactions, but also in terms of cognitive functioning (ToM mechanisms, emotional awareness, *etc.*). The early and intensive implementation to children with ASD is designated as Early Intensive Behavioral Interventions (EIBI). The results of five meta-analyses published between 2009 and 2010 have been studied by Reichow [Reichow, 2012]. His work revealed improvements in both intellectual functioning and adaptive behaviors for children with ASD, and complying with stringent empirical evidence standards [Reichow, 2012].

According to the review of Ospina *et al.* [Ospina *et al.*, 2008], ABA-like CBT is more beneficial to the children with ASD than traditional specialized education, not only in terms of adaptive behaviors in daily life, communication and social interactions, but also in terms of cognitive functioning (ToM mechanisms, emotional awareness, *etc.*). A more recent review of the intensive CBT for children with ASD highlighted the relevance of the Lovaas therapy for improving cognitive functioning, language understanding and communication skills, compared with more “traditional interventions” [Warren *et al.*, 2011]. Other CBT interventions relying on the same principles also result in significant improvements in language and cognitive abilities [Warren *et al.*, 2011 ; Dawson *et al.*, 2010 ; Peters-Scheffer *et al.*, 2013a]. Gathering all these empirical data can allow predicting therapeutic effects of these interventions in order to orientate their choice and parameters (*e.g.*, domains to be focused on, intensity, *etc.*). Some longitudinal studies identified some predictors. Intervention duration, as well as cognitive functioning and the age of the child at the beginning of the intervention are linked with improvements in mimicking, pairing and independent playing tasks [Virues-Ortega *et al.*, 2013b]. Similarly, another study involving 235 children with ASD reported significant effects of the age and the intensity of the intervention in explaining the results variance of the CBT [Granpeesheh *et al.*, 2009].

Even if the benefits of CBT have been underlined for children with ASD, especially when conducted early and intensively, methodological limitations have been pointed out [Ospina *et al.*, 2008 ; Warren *et al.*, 2011 ; Reichow, 2012]. They usually involved relatively few participants, and evaluated only short-term therapeutic effects [Ospina *et al.*, 2008].

Moreover, comparisons between these studies are limited by the high heterogeneity of the participants and the measures used [Warren *et al.*, 2011] ; as well, they did not entirely cover the cognitive functioning spectrum [Reichow, 2012]. Currently, CBT are complemented by specific interventions addressing the deficits in the functioning of children with ASD : Cognitive Rehabilitation Interventions.

## 7.2 Cognitive Rehabilitation Interventions

CRI are oriented toward the rehabilitation of limited adaptive behaviors of children with ASD or cognitive processes that underpin such behaviors. They usually rely on the Discrete Trial Training (DTT) method, consisting in incrementing learning through successive increments rather than in a single bloc [Smith, 2001].

Communication rehabilitation interventions have long been conducted on children with ASD. A review reported their relevance for children with ASD, especially when relying on sign language, using DTT and integrated in the environment [Goldstein, 2002]. Given the new ASD classification [American Psychiatric Association, 2013], some interventions addressed social communication rehabilitation. Results from the review of 26 of these studies indicated significant improvements in joint attention, social reciprocity and language abilities, even if authors identified some limitations regarding the heterogeneity of the measures used [Morgan *et al.*, 2014].

At the core of the ASD, social skills have also been addressed by CRI since the 1960s. A review of 66 studies reported that effective interventions relied on ABA principles (*e.g.*, prompting, rewarding, *etc.*) underlying various strategies [Reichow et Volkmar, 2010]. They included typically developing peer-mediated strategies, which exhibit significant improvements in social skills for children with ASD, and group sessions to improve both pro-social and friendly behaviors [Reichow et Volkmar, 2010]. Here again, some authors underlined the difficulties to compare these studies, mainly because of the heterogeneous measures (for review : [White *et al.*, 2007 ; Reichow *et al.*, 2012]). CRI can rely on specific visual supports, such as Social Stories™ [Kokina et Kern, 2010 ; Reynhout et Carter, 2006]. Interventions that used this particular tool seemed effective in reducing inappropriate behaviors and improving communication and task performance, even though such results are not maintained nor generalized after the intervention [Reynhout et Carter, 2006]. Some broader CRI addressed the rehabilitation of “social cognition” : including social skills and ToM mechanisms [Ozonoff et Miller, 1995]. Recently, a study of this kind allowed significant improvements in non-verbal communication, empathy and social skills of 69 children with ASD [Soorya *et al.*, 2015]). The authors’ interventions encourage collaboration and turn-taking of children with ASD by leveraging construction games (*e.g.*, Lego™, [Brett, 2013]) or performance art [Corbett *et al.*, 2015].

CRI addressing the second level of ToM processes (*i.e.*, identification and mentalizing of others’ mental states) are one the most common for children with ASD. Ryan and Charragáin

used a training program based on repetitive exercises of facial emotion identification, and reported significant improvements in this task [Ryan et Charragáin, 2010]. The lack of generalization of such trainings in other tasks has been pointed out [Golan et Baron-Cohen, 2006; Silver et Oakes, 2001]. Most of these studies were technology-based, and will be presented in the next chapter of this document. Higher-level ToM processes have also been addressed by CRI. In a study evaluating the relevance of a training of these processes, authors reported significant improvements in the perceptual/mimicking domain, in first-order false belief task, and in humor understanding [Gevers *et al.*, 2006]. The first level of ToM (*i.e.*, identification and mentalizing of self mental states) has also been addressed in children with ASD. Training is proposed to self-identify emotions, as well as self-regulate these emotions (for review : [Reid *et al.*, 2013]). Relying on various definitions of emotion self-regulation, these strategies could be divided into five dimensions : self-management, self-monitoring, goal identification, self-instruction and self-reinforcement [Reid *et al.*, 2013]. Another review reported the relevance of CRI for emotion self-management of children with ASD, especially to improve their adaptive behaviors [Lee *et al.*, 2007]. Anger management interventions can also decrease anger episodes of children with ASD, and increase the confidence of their parents in self-regulation abilities of their children [Sofronoff *et al.*, 2007].

Albeit CRI addressing executive abilities of children with ASD are less numerous, they have been used among children on the higher-end of the spectrum (for review : [Ozonoff, 1998]). In a study involving 121 participants, researchers reported significant improvements in working memory and cognitive flexibility, but not in inhibition [Vries *et al.*, 2015]. Attention mechanisms have also been increased in 40 children with ASD [Afshari, 2012].

CBT and CRI have been conducted mainly in specialized environments, such as the therapist office or in specialized settings. Even if they exhibit significant improvements in targeted abilities, the transfer of these results in untrained everyday life situations has not occurred.

## 7.3 School settings

In 2007, Bellini *et al.* published a review of 55 interventions addressing social skills rehabilitation of children with ASD in school settings [Bellini *et al.*, 2007]. Authors concluded that single-subject studies exhibit poor efficacy when their results were computed with the “non-overlapping data points” method, as well as moderate maintained effects and a weak generalization of learning. Interventions shown to be the most relevant included leisure, joint-attention and communication rehabilitation [Bellini *et al.*, 2007]. A review of peer-mediated single-subject interventions in school settings supported their relevance for improving social skills of children with ASD [Whalon *et al.*, 2015]. Authors proposed to take into account child specificities, as well as putting the teacher in a pivotal role in these interventions. Another intervention included specific training of ToM and executive functions in order to improve social skills of children with ASD. The Social-Competence

Intervention, adapted for children with ASD, allowed them to significantly improve their performance in both ToM and executive functions [Stichter *et al.*, 2012].

Rather than considering specific abilities, systematic intervention models rely on involving both teachers and families in choosing, implementing and evaluating interventions to be conducted [Harrower et Dunlap, 2001]. Significant improvements in socio-adaptive behaviors of 3 children with ASD have been reported in a joint work between parents and teachers [Garbacz et McIntyre, 2015]. A systematic intervention allowed participants to improve both their social skills and emotion recognition abilities; parents and teachers reported adaptive behaviors improvements of the participants *in situ* [Lopata *et al.*, 2013]. Another CBT conducted in school settings led to adaptive behaviors improvements of 31 children with ASD in a two-year intervention [Eldevik *et al.*, 2012]. These results were obtained by comparing this intervention with the traditional intervention conducted in school settings for children with ASD : the TEACCH program.

Treatment and Education of Autistic and related Communication handicapped CHildren (TEACCH) is certainly the most widely used program. This individualized program relies on a rigorous time and space structuring of learning through paper-based visual supports, and a close collaboration between the education staff and family members [Panerai *et al.*, 2002]. According to Ospina *et al.* [Ospina *et al.*, 2008], conducting TEACCH program leads to significant improvements of socio-adaptive behaviors communication and, cognitive functioning of children with ASD.

Yet, more recently, Ho et al. reported some recurrent limitations in that research corpus [Ho *et al.*, 2015]. The major limitation is related to the lack of coherence between explicated goals, contents/abilities to be taught and benefit measures actually reported in the studies (Ho et al., 2015). For instance, out of 17 existing CBT-based studies aiming to reduce anxiety of children with ASD, none of them measured cognitive abilities or behaviors related to emotion self-regulation of participants. Consequently, inferring relationships between observed improvements on behaviors and potentially associated improvements on neurocognitive functioning is simply not possible. Conversely, such limitation can be found in studies with CRI, stressing single or multiple cognitive domains [Ploog *et al.*, 2013]. For instance, intensive training of facial emotion recognition is widely reported as successful on tests evaluating trained mechanisms. However, potential training external transfer on more integrated activities, such as social responsiveness (*e.g.,* Social Responsiveness Scale-SRS, [Constantino *et al.*, 2003]) is not assessed [Tanaka *et al.*, 2010]. Another limitation of CBT studies, as well as CRI studies, is their weak power of ecological validity since they rely on work and evaluations conducted on specialized environments (*i.e.,* therapist's office). Thus, transferring therapeutic learning in mainstream environments is rarely evaluated, or partially reported [Ospina *et al.*, 2008; Ho *et al.*, 2015]. Consequently, there is still a lack of objective data to determine whether these interventions can improve adaptive abilities and socio-cognitive functioning of children with ASD in daily life. Probably, the barriers related to real-life settings participate to explain this weakness of ground truth of both CBT and CRI based studies.

Results presented in this chapter demonstrate the range of interventions that can be proposed to children with ASD. The efficacy of both CBT and CRI has been reported, especially when involving stakeholders such as families and teachers. However, results appeared to be limited when considering the targeted skills ; as well benefits seem to be poorly maintained across time. Interventions conducted in school settings were shown to be well-suited to address these limitations, even if they relied on the presence of school staff, and cumbersome and stigmatizing paper-based supports [Gagné, 2010 ; Hayes *et al.*, 2010]. Moreover, gathering data to determine and compare the impact of these interventions appears to be difficult, especially when addressing their impact in mainstream environments. To answer all these difficulties, researchers investigated technology-based interventions for children with ASD, whether in the therapist's office with computers or directly inside classrooms with mobile supports.

CHAPITRE

# 8 Technology-based interventions for children with ASD

*Technology-based interventions have been dramatically increasing for the past ten years, especially for neuro-developmental disabilities such as Autism Spectrum Disorders or Intellectual Disabilities (ID) [Goldsmith et LeBlanc, 2004 ; Mechling, 2007]. The attractiveness of these technologies for children with ASD and ID has been reported [Putnam et Chong, 2008]. Especially, some of them were specifically designed for children with ASD. They have been used whether in specialized environments, through CRI, or in mainstream environments, through assistive applications.*

## Sommaire


8.1 Design principles for children with ASD . . . . . **100**
8.2 Computer-based interventions for children with ASD . . . . . **100**
8.3 Assistance in everyday life : Applications for mainstream classrooms . . . **104**

## 8.1 Design principles for children with ASD

Human-Computer Interaction studies identified relevant design principles to ensure the usability of technologies by children with ASD. For this population, technological supports need to rely on visual supports, to prevent mistakes, to focus on predictability or display clear mapping between actions and feedback provided by interfaces [Hayes *et al.*, 2010 ; Hourcade *et al.*, 2013]. These supports should promote flexibility of all their contents to match specific needs of each child [Hayes *et al.*, 2010]. Distractive stimuli should be avoided, given the frequent attention deficits of children with ASD [Fombonne, 2003]. Finally, interfaces should allow mistake-free interactions to favor procedural learning (usually preserved in ASD) and avoid frustration, which means avoiding error messages or wrong answers [Hourcade *et al.*, 2013].

The participatory design approach raises a great interest in the area of assistive technologies [Druin, 2002] because it relies on the active involvement of end-users and stakeholders to identify their needs in the design process of a given technology. It has been extensively used in the design of technologies for children with ASD [Benton *et al.*, 2012 ; Frauenberger *et al.*, 2012]. Even if making children with ASD participate in a collaborative work can be challenging, this approach allows leveraging the children creativity [Frauenberger *et al.*, 2012]. The IDEAS project (Interface Design Experience for the Autistic Spectrum) adapts classical design techniques (*i.e.,* storyboarding, brainstorming, persona, cognitive walk-through, *etc.*) to children with ASD by applying TEACCH program principles [Benton *et al.*, 2012]. A timeline is typically displayed during every session to guide the child through designing steps. The HANDS project (Helping Autism-Diagnosed to Navigate and Develop Socially) included focus sessions in special education classrooms for children and school staffs to express their needs in terms of social communication assistance [Devecchi *et al.*, 2009]. Children and staff members had then the opportunity to use a prototype of the application to discuss the adjustments to be made. Other projects included children with ASD in the design process of a technology [Keay-Bright, 2007], and can even aim to develop a technological tool to facilitate their participation in this process [Frauenberger *et al.*, 2012].

## 8.2 Computer-based interventions for children with ASD

Classically, computer-based interventions are conducted in specialized environments and implemented on stationary computers. Such interventions usually take the form of a serious game (for review : [Zakari *et al.*, 2014]). They can address every deficit exhibited by children with ASD, and Ploog et al. proposed a classification of these technologies for ASD [Ploog *et al.*, 2013]. According to this classification, four main domains can be distinguished : 1) language, 2) social skills, 3) emotion recognition, and 4) ToM processing. A fifth domain has complemented this classification in our document : attention processes.

Millar *et al.* reviewed computer-based interventions addressing communication skills

that have been published between 1975 and 2003. They pointed out improvements in produced language, but identified strong methodology weaknesses, in terms of a restricted number of participants and an absence of a control group [Millar *et al.*, 2006]. Similarly, two studies relying on a digital speech-viewer that presented visual feedbacks of an auditory message reported improvements of vocal imitations, but only with respectively 10 [Bernard-Opitz *et al.*, 1999] and 3 participants [Hailpern, 2007]. Other computer-based interventions, toward rehabilitating communication skills, rely on speech-generative devices (SGD) that generate the words, or even a sentence, associated with pictograms. Such interventions are well-suited for children with ASD, with limited communication skills, as they were able to ask more for assistance, to improve the number of comments, answered questions and reduced their irrelevant speech [van der Meer et Rispoli, 2010]. The most widely used SGD is the Picture Exchange Communicative System (PECS). However, children with ASD using the PECS exhibited weak to moderate communication benefits, which had none to negative repercussions in their speech [Flippin *et al.*, 2010 ; Ganz *et al.*, 2012].

Two main techniques are often used among computer-based interventions addressing social skills of children with ASD : video-modeling or virtual reality. Video-based interventions rely on video footages of an individual, or the child itself, performing a task in a given context. These interventions usually consist in the child viewing such video, and then watching an instructor actually performing the task, explicating prompts and relevant stimuli. Afterwards, the child has to mimic the task in situation [Bellini *et al.*, 2007]. A review of video-modeling interventions for children with ASD indicated their relevance for rehabilitating social and leisure skills [Shukla-Mehta *et al.*, 2009]. Computer-based interventions for children with ASD have also relied on Virtual Reality (VR) [Strickland *et al.*, 2007]. Grynszpan *et al.* proposed a VR environment for training social skills of 10 children with ASD, compared with 10 typically developing children [Grynszpan *et al.*, 2009]. In complement with the training, researchers also investigated the large possibilities of experimentation, given the absolute control of the experiment parameters allowed by VR environments. They reported the negative aspects of multimodal interfaces on the number of correct answers, the number of tries for each scenario and time response. They also tested the benefits from displaying facial emotions during dialogs with more complex pragmatic (*e.g.*, sarcasm, metaphors), as well as learning generalization through another game implemented in the same VR environment. This study illustrates the strength of VR to experiment with children with ASD because it allows a complete control of the experimenter in terms of interface modalities and flexibility of experimentation conditions. More recently, authors conducted computer-based interventions on multitouch interactive tables, allowing simultaneous interactions in distinct points [Giusti *et al.*, 2011]. Social interactions of children with ASD can be improved with such supports, encouraging collaborative playing and positive interactions, as well as decreasing their negative social response [Gal *et al.*, 2016].

Several applications have been developed towards training emotion identification, and especially for children with ASD. This kind of technological support allows both emotion recognition training and evaluation [Bölte *et al.*, 2002]. The *Emotion Trainer* software has

been used by 11 children with ASD through 10 sessions lasting half an hour during 2 weeks. At the end of the intervention, participants exhibited an increased performance in emotion identification on photos, cartoons, and in non-literal stories [Silver et Oakes, 2001]. Similarly, Lacava *et al.* proposed an emotion recognition training to 8 children with ASD, resulting in an increased performance in both facial and vocal emotion recognition [Lacava *et al.*, 2007]. However, when reviewing such interventions, Ramdoss *et al.* revealed that they exhibited significant benefits when measured with self-built tools, but rather weak to inexistent benefits when measured with standardized tests [Ramdoss *et al.*, 2012]. All these interventions were conducted with static stimuli (*i.e.,* photos). Yet, dynamic stimuli have also been used for children with ASD ; notably, the DVD collection Transporters™ has been used in several studies (see Figure 8.1). It allowed 20 children to significantly increase their emotional vocabulary and the emotion identification on 3 generalization levels compared with untrained children with ASD [Golan *et al.*, 2010]. At the end of the intervention, children with ASD who were trained, exhibited an equivalent performance compared with typically developing peers. However, the relevance of Transporters is mitigated for children on the lower end of the spectrum : Young *et al.* [Young et Posselt, 2012] reported equivalent benefits when compared with another classical cartoon, while Williams *et al.* reported significant benefits only for anger identification [Williams *et al.*, 2012].

FIGURE 8.1 – Snapshot of Transporters DVD collection.

Even if emotion recognition is the most investigated, other ToM processes have been addressed by computer-based interventions for children with ASD. The literature includes inconsistent results on the rehabilitation of prosody and false-beliefs (for review : [Ramdoss *et al.*, 2012]), but some studies reported moderate [Lacava *et al.*, 2007] to large benefits [Lacava *et al.*, 2010] when they relied on the Mind Reading software, developed in the Autism Research Center lead by professor Baron-Cohen in Cambridge University (see Figure 8.2).

The Mind Reading software can be viewed as a reference because of both its large number of exercises and contents (416 emotions and mental states grouped into 24 emotion groups) proposed on emotion identification and ToM, and its experimental validation [Golan et Baron-Cohen, 2006]. Indeed, benefits on trained processes have been reported in studies with strong experimental standards (number of participants, standardized measures, *etc.*) [Ploog *et al.*, 2013]. However, it is unknown whether these benefits are generalized in real activities. Similarly, the *Emotion Trainer* contains exercises towards mentalizing others' mental states through cartoons, pictures or texts describing an individual thoughts, suited to improve children with ASD performances [Silver et Oakes, 2001].

FIGURE 8.2 – Mind Reading software [Golan et Baron-Cohen, 2006].

Few computer-based interventions addressed attention processes. Zhen *et al.* presented a multiple-displays and video camera for attention skills training, such as improving "response to name" skill [Zheng *et al.*, 2015]. Authors demonstrated the usability of their system with 5 toddlers with ASD, compared with 5 typically developing peers. From another perspective, Tanaka *et al.* involved 42 children with ASD in a CRI based on the *Let's Face It!* software to train relevant stimuli detection in face recognition task through both analytic and holistic strategies [Tanaka *et al.*, 2010]. After a 20-hour training, 42 children with ASD

significantly improved in analytic recognition of mouth regions and holistic face recognition compared with an untrained control group.

Computer-based interventions have positive effects in rehabilitating targeted cognitive processes of children with ASD, sometimes maintained over time. However, the literature on this topic reported poor generalization of these benefits on untrained abilities or in everyday life situations, when assessed. In other words, these interventions had no impact in the everyday life of children with ASD, urging for *in situ* cognitive assistance through mobile technologies.

## 8.3 Assistance in everyday life : Applications for mainstream classrooms

Numerous assistive or training mobile applications have been developed for children with disabilities [Donker *et al.*, 2013]. The portability of these solutions offers new opportunities of *in situ* assistance, and more than 300 have been inventoried in online platforms such as Google Play store and Apple Store [Stephenson et Limbrick, 2015]. This domain is extensively expanding and brings light on the impact that such technologies can have on daily lives of individuals with ASD. However, it now faces new challenges, such as the necessity to conduct large-scalled studies (with large sample sizes and generalization measures of learnings), or processing large amounts of data to raise new insights on individuals with ASD and assistive technologies [Kientz *et al.*, 2013 ; Schic *et al.*, 2015].

These applications largely addressed non-verbal children with ASD through implementing SGD (Speech-Generative Devices) onto mobile supports to accompany the child in its everyday life. Such applications are named Alternative and Augmented Communication (AAC) (*e.g.*, see Figure 8.3). A review of AAC interventions concluded that using such assistive applications do not interfere with speech production of children with ASD, and can even improve it [Schlosser et Wendt, 2008]. Among the wide range of existing AAC applications, Son *et al.* reported that 2 out of the 3 participants preferred PECS over the VOCA system (Voice-Output Communication Aide), the last one being the favorite of the third participant [Son *et al.*, 2006]. The Proloquo2go application is a mobile implementation of the PECS that allowed two non-verbal brothers with ASD to ask for an interrupted playing activity to be pursued [Sigafoos *et al.*, 2013]. Authors also reported a decrease of anti-social behaviors, as well as a transfer of learning in unassisted activities. However, benefits of such interventions have been reported modest compared with classical interventions conducted in special-education classrooms [Schlosser et Wendt, 2008].

AAC applications have also been deployed in special-education classrooms. With another implementation of PECS (iCAN application), Chien *et al.* highlighted the advantages of this technological version in terms of better contents visualization, presence of digital voices, portability of the support and opportunities to add new pictures on-the-fly directly

with the embedded camera of the tablet [Chien *et al.*, 2015]. Authors reported that the school staff spent 70% less time preparing the visual supports when using iCAN ; they also reported increased willingness to participate in learning and communication situations. A similar application, called MyVoice, has also been deployed in special-education classroom, gathering children with various disabilities : learning disabilities, communication disabilities, ASD, ID, Down Syndrome, *etc.*. Authors reported the high attractiveness of the application and the motivation to use it among both children and special-education teachers, even though they did not provide any empirical data regarding its therapeutic efficacy [Campigotto *et al.*, 2013].

FIGURE 8.3 – Example of an AAC technology : the Proloquo2Go application.

The most common tools used in specialized settings for children with ASD are activity schedules. They divide an activity into a sequence of illustrated steps [McClannahan et Krantz, 1999] ; they have been included in early versions of CBT for these children, whether in ABA, Lovaas or TEACCH. Their efficacy to support children with ASD has long been documented [Koyama et Wang, 2011 ; Lequia *et al.*, 2012 ; McClannahan et Krantz, 1999]. Even if they are perfectly suited to support executive planning skills, reported to be limited among children with ASD and to reduce their anxiety [Hayes *et al.*, 2010]. Activity schedule exhibit limited relevance for assistance in mainstream environments when they take the form of paper-based supports. In fact, they appear to be stigmatizing and cumbersome to

use in such environments, and their creation and adaptation can be time consuming for the stakeholders, without giving them a chance to monitor their progress [Hayes *et al.*, 2010]. Implementing activity schedules in mobile technologies enable researchers to overcome these barriers (for review : [Mechling, 2007 ; Ben-Avie *et al.*, 2014]). For instance, Hirano *et al.* equipped every child of an entire special-education classroom and their teacher with an activity schedule application : vSked [Hirano *et al.*, 2010]. A screen completed the setup, so that the special education teacher and school aides could monitor the children progress. Qualitative results were reported in terms of reducing the workload of school staff, as well as improving both communication and social interactions between classmates [Hirano *et al.*, 2010]. Other interventions aimed to assist children with ASD in task initiation through mobile technological supports in classroom settings [Cihak *et al.*, 2010] and college [Gentry *et al.*, 2010].

In special-education classroom, the potential of mobile tablets on promoting social interactions have also been investigated. Leveraging the multitouch feature of these devices, Hourcade *et al.* proposed a package of collaborative applications used in an afterschool program by 8 children with ASD. In an experiment comparing tablet-based interactions to equivalent paper-based interactions, authors observed increased pro-social behaviors, verbal interactions and encouraging comments [Hourcade *et al.*, 2013]. Implemented in a collaborative multitouch tablet, a similar application has been proposed by Battocchi *et al.*. The Collaborative Puzzle Game consisted in synchronized multiple touches in pieces to be moved along. Authors reported increased initiative behaviors in coordination and negotiation among 16 children with ASD [Battocchi *et al.*, 2010]. Finally, at the boundary between special education and mainstream classroom, the MOSOCO application also targeted assistance of social interaction of children with ASD [Escobedo *et al.*, 2012]. Practically, after social skills training, 3 children with ASD and 9 typically developing peers practiced social interactions through MOSOCO in a dedicated area of the playground during breaks. This intervention allowed to improve the number of interaction between both groups, to increase interaction duration, and to reduce errors [Escobedo *et al.*, 2012]. However, using MOSOCO in real settings seems unrealistic, given that the user has to actually point the smartphone out to another user of the application, physically interposing the tool between them. Moreover, only users of the application can be detected and interacted with, dramatically limiting the relevance of this tool for everyday life assistance.

Mobile technology-based interventions are now extensively used in school settings. All aforementioned studies were conducted in special-education classrooms, whether dedicated to the design (*e.g.,* [Hirano *et al.*, 2010]), the monitoring [Devecchi *et al.*, 2009] or the efficacy assessment [Hourcade *et al.*, 2013] of a technological support. Thus, the smartphone-based intervention of De Leo *et al.* to assist communication and social interactions of children with ASD mentioned the pivotal role of the special education teacher in the study [De Leo et Leroy, 2008]. Relying on favorable conditions (*e.g.,* a restricted number of children in classroom, the presence of school aides, teachers' knowledge of successful interventions *etc.*), these interventions can often be conducted at the level of the whole

8.3. ASSISTANCE IN EVERYDAY LIFE : APPLICATIONS FOR MAINSTREAM CLASSROOMS 113

classroom (*e.g.*, [Hirano *et al.*, 2010], for review : [Boser *et al.*, 2014]). The CareLog system can be mentioned as another example : a video-recording setup towards special education teacher assistance [Hayes *et al.*, 2008]. Some vectors of the success of such interventions have been documented through interviews, questionnaires and direct observations : collaboration between families and school staff, credibility and robustness of the application and children motivation [Mintz *et al.*, 2012].

However, technology-based interventions addressing cognitive assistance in mainstream classrooms represent a major challenge. Unlike specialized environments, in mainstream environments, teachers did not receive specific training in interventions for children with disabilities. This situation strongly limits the dissemination of assistive technologies. Yet, the generalization of such technologies for children with disabilities makes it urgent to train the stakeholders [Ayres *et al.*, 2013]. When introducing a technology in school settings, Ertmer *et al.* proposed to strongly involve teachers, as they are at the forefront of school inclusion [Ertmer, 2005]. Unfortunately, to the best of our knowledge, there is a lack of experimental validation of mobile technology-based interventions to determine their therapeutic efficacy [Stephenson et Limbrick, 2015].

**Theortical Part synthesis**

Many technology-based interventions for children with ASD have been developed. Even if they offer new opportunities, they exhibit strong limitations that have to be overcome (cf. ITASD conference on innovative technologies for individuals with ASD, October, 2014, Paris).

1. Technology-based interventions for children with ASD mainly concern rehabilitation rather than cognitive assistance in everyday life. The specialized settings where these interventions were conducted facilitated the experiments, but the lack of mobile technology-based interventions dramatically limits their prescription by professionals.
2. Existing interventions involved a limited number of participants (typically less than 10) with highly heterogeneous cognitive profiles (IQ, language skills, ToM, *etc.*). Measures were often qualitative rather than quantitative, limiting the generalization of the results. The measures were also usually self-built by authors, as the results measured by standardized tools were reported weak to negative.
3. Some studies have been conducted in school settings to address the needs of cognitive assistance of children with ASD *in situ*. However, they were conducted almost exclusively in special education classrooms at the expense of an inclusion in mainstream classrooms. Consequently, these interventions had limited impact on the social participation of children with ASD with their typically developing peers.

PARTIE 3

# PARTIE EMPIRIQUE

CHAPITRE

# 9 Objectifs et méthode

*Ce chapitre présente les objectifs principaux de la thèse, la méthodologie générale adoptée ainsi que les réalisations empiriques menées dans le cadre du projet doctoral. Après avoir exposé les objectifs et la méthode, trois grands axes d'investigations sont présentés sous la forme de trois articles scientifiques, chacun publié ou soumis à une revue internationale à comité de relecture. Les trois axes visent à répondre aux manques de l'existant préalablement identifiées, en termes 1) de principes de conception de technologie pour l'assistance des enfants avec TSA en milieu ordinaire, 2) de validation expérimentale d'une application d'assistance cognitive à l'autorégulation des émotions en situation, et 3) d'une CBT basée sur tablette visant à soutenir l'inclusion scolaire des enfants avec TSA en classe ordinaire.*

## Sommaire


9.1 Objectifs . . . . . **112**
9.2 Méthode . . . . . **113**
9.3 Étude 1 : Conception d'applications d'assistance des enfants avec TSA en classe ordinaire . . . . . **127**
9.4 Étude 2 : Conception et validation d'une application d'assistance à la régulation émotionnelle des enfants avec TSA en classe ordinaire . . . . . **157**
9.5 Étude 3 : Intervention Collège+ . . . . . **187**

## 9.1 Objectifs

Sur la base des données présentées dans la partie théorique, deux objectifs ont été établis pour répondre aux limites de l'existant en termes de technologies d'assistance à l'inclusion scolaire des enfants avec TSA en classe ordinaire. Ceux-ci concernaient dans un premier temps la conception d'une telle technologie pour la cognition sociale, et, dans un second temps, sa validation expérimentale.

### 9.1.1 Conception

Le premier objectif de ce travail concernait la conception d'applications pour l'assistance cognitive des enfants avec TSA en classe ordinaire. Les défis spécifiques de la conception d'applications numériques pour leur utilisation en environnement de vie quotidienne, et donc non-contrôlé, doivent être adressés en faisant levier sur les résultats des interventions en classe spécialisée ainsi que sur les principes sur lesquelles reposent les CBT, et CRI, à l'efficacité démontrée (*e.g.*, ABA, TEACCH, *etc.*). Ainsi, le premier objectif concerne l'identification et l'implémentation de principes de conception spécifique au milieu scolaire ordinaire.

Dans une approche globale de co-design, ce premier objectif doit reposer sur l'inclusion de toutes les parties prenantes à travers un seul support destiné à l'enfant : la tablette tactile. Ainsi, en collaboration avec les familles, les équipes pédagogiques, les pédopsychiatres et tous les autres professionnels de la prise en charge des enfants avec TSA, le package appelé *Collège+* contiendra deux types d'applications : des applications d'assistance et des applications d'entrainement. Les premières seront des applications d'assistance cognitive vouées à être utilisées en situation d'inclusion en classe ordinaire. Elles consisteront en trois applications : une aide aux activités scolaires et une aide aux activités de communication (reposant toutes les deux sur les programmes d'activités), ainsi qu'une application d'assistance à la régulation émotionnelle. Les secondes seront des applications d'entrainement, orienté vers les processus de ToM, vouées à être utilisées au domicile (15mn/jour et 5 jours/semaine). Elles comprendront deux applications d'entrainement à la reconnaissance des émotions faciales (l'une sur photos et l'autre sur vidéo), ainsi qu'une application d'entraînement à l'orientation du focus attentionnel en situation sociale.

### 9.1.2 Validation expérimentale

Le second objectif de ce travail vise la validation expérimentale des applications *Collège+*. Toujours dans le but de répondre aux limites des études existantes, cette validation devra inclure un nombre suffisant de participants afin de permettre des analyses quantitatives ainsi qu'un groupe contrôle. Elle devra reposer sur des mesures quantitatives normées, afin de faciliter les comparaisons avec les autres études du domaine. Pour être en accord avec les buts des applications proposées, les mesures devront concerner à la fois l'adaptation

des comportements en classe et le fonctionnement sociocognitif des participants. Enfin, les tests utilisés devront rendre compte de la généralisation des apprentissages à des situations ou des processus qui ne faisaient pas partie des assistances ou des entrainements.

Les objectifs ainsi que le projet d'expérimentation *in situ* des applications *Collège+* a fait l'objet d'une publication dans le bulletin scientifique de l'Arapi, revue française à comité de relecture [Fage *et al.*, 2012].

## 9.2 Méthode

Dans le contexte d'une primo-inclusion en classe ordinaire au collège (1h/ semaine), les applications *Collège+* ont été utilisées dans une intervention de 3 mois. Trois groupes de collégiens ont été recrutés. Deux de ces groupes sont composés d'élèves avec TSA : un groupe équipé des applications (TSA équipés), l'autre non (TSA non équipés). Le troisième, recruté dans les mêmes classes spécialisées, est composé d'élèves avec DI non-spécifiques (DI équipés). La comparaison TSA équipés vs. non-équipés permet d'évaluer l'effet de l'intervention chez les enfants avec TSA. La comparaison « cross-syndrome » permet d'évaluer les effets de l'intervention spécifiques auprès d'une population par rapport à une autre [Seltzer *et al.*, 2004]. De nombreuses études ont investigué les troubles rencontrés dans les TSA et les DI [Seltzer *et al.*, 2004 ; Annaz *et al.*, 2009], et il est courant d'impliquer aussi bien des enfants TSA que DI dans les expérimentations liées à la validation de technologies d'assistance cognitive (pour revue : [Mechling, 2007]).

### 9.2.1 Participants

En collaboration directe avec le Ministère de l'Éducation Nationale et de l'Inspection Académique de Bordeaux, trois établissements du secondaire ont été sélectionnés afin d'expérimenter la solution *Collège+*. Les équipes pédagogiques des collèges Gérard Philippe de Pessac, Aliénor d'Aquitaine de Bordeaux et Chambéry de Villenave d'Ornon ont ainsi accepté de participer à l'expérimentation pour l'équipement de chaque élève pris en charge dans le dispositif ULIS avec une tablette tactile. Les chercheurs ont participé activement à la recherche de partenaires pour le financement des tablettes (*e.g.,* Leclerc, Rotary Club Pessac, *etc.*) afin que ces dernières soient propriété de l'établissement lui-même.

Des neuro-pédiatres du Centre Ressource Autisme d'Aquitaine ont examiné tous les participants, et les diagnostics de TSA ont été réalisés en respect des critères du DSM-IV [American Psychiatric Association, 2000] grâce à l'échelle « Autism Diagnostic Interview-Revised » [Lord *et al.*, 1994]. Comme recommandé par la convention d'Helsinki, les consentements éclairés des parents et des participants eux-mêmes ont été récoltés avant l'étude. De plus, le Comité d'Éthique de l'Inria ainsi que le Conseil de Protection des Personnes affiliés à notre université (*i.e.,* Université de Bordeaux) ont approuvé le protocole présenté ci-après.

### 9.2.2 Matériel

Les applications *Collège+* sont implémentées sur tablette tactile : un Apple™ iPad 2. Cette plateforme permet de riches supports visuels et permet à l'application d'être utilisée dans n'importe quel environnement. Grâce à un travail collaboratif avec les parties prenantes sur le terrain (familles, équipes éducatives, thérapeutes), deux types d'applications ont été co-construites : 1) des applications compensatoires au nombre de trois, destinées à être utilisées en environnement scolaire ordinaire, et 2) des applications de remédiation au nombre de 3, destinées à être utilisées quotidiennement au domicile (see Figure 9.1). L'ensemble des contenus de ces applications adresse spécifiquement le milieu scolaire et est personnalisé à chaque élève.

**Applications compensatoires : Aide à la planification–exécution d'activités en milieu scolaire.**

Pour répondre notamment aux difficultés exécutives de planification et d'exécution de tâches nouvelles que rencontre l'élève avec TSA, les deux premières applications visent à faire acquérir des routines scolaires et des routines de communication verbale en classe. Ces activités ont été identifiées et validées après entretien avec les professeurs et l'ensemble des équipes pédagogiques impliquées dans ce projet. Notons que pour ces deux applications, autant de prompteurs d'activités que nécessaire peuvent être générés. Ces deux applications présentent la même interface : une liste des séquences disponibles est affichée sur le premier écran, deux flèches permettent d'avancer ou reculer à travers la séquence d'étapes. Une barre de progression, ainsi qu'une miniature des étapes précédente et suivante, facilitent le repérage au sein de la séquence. Chaque étape est décrite sous la forme d'un texte et d'une image pour renforcer la compréhension de la tâche (see Figure 9.2). Enfin, un message de renforcement positif est affiché à la fin de chaque séquence.

***Routines scolaires.*** Pour les routines scolaires, les activités ciblées sont : Se rendre devant la classe, l'entrée en classe, la sortie du matériel scolaire, la prise des devoirs, et la sortie de classe (see Figure 9.3).

***Routines communicationnelles.*** La deuxième application porte les activités de communication contextualisées à la classe. Deux situations de communication (initiation et réception) et deux types d'interlocuteurs (enseignant et camarade) ont été distingués, créant ainsi 4 scenarii d'interaction. Pour chaque scénario, des séquences différentes sont proposées en fonction du but de la communication (*e.g.,* faire répéter, demander de l'aide, faire un commentaire).

***Régulation émotionnelle.*** La troisième application propose une assistance à la régulation émotionnelle. Tout d'abord, l'élève est invité à identifier son émotion grâce à un set d'émoti-

FIGURE 9.1 – Écran d'accueil du package *Collège+*.

cônes figurant les 4 émotions de base : joie, colère, peur, tristesse. Ensuite, il doit quantifier son intensité grâce à un thermomètre interactif à 4 niveaux (see Figure 9.4). En fonction du niveau sélectionné, l'application présente à l'élève des supports idiosyncratiques apaisants récoltés auprès des familles, en concertation celui-ci. Chaque degré d'intensité est associé à

FIGURE 9.2 – Interfaces des prompteurs d'activités.

un type de medium : consignes de relaxation, images personnelles et vidéos personnelle de co-régulation.

FIGURE 9.3 – Application d'assistance aux routines scolaires.

**Applications de remédiation socio-cognitive**

Basées sur les principes dits des « jeux sérieux », les applications construites sont à difficulté croissante et portent sur des processus cognitifs liés à la ToM. Le passage d'un niveau à l'autre est conditionné par le taux de bonnes réponses du participant (>80%). Deux

FIGURE 9.4 – Application d'assistance à la régulation émotionnelle.

applications proposent des exercices d'identification des émotions faciales : l'une sur du matériel statique (*i.e.*, photographies), l'autre sur du matériel dynamique (*i.e.*, vidéos). La troisième application propose un exercice d'orientation de l'attention en situation sociale.

***Reconnaissance statique des émotions.*** L'application présente à l'enfant 4 photos figurant différentes émotions faciales et l'invite à identifier une émotion donnée à travers une consigne écrite couplée à un émoticône. Le premier niveau inclut des photos normées de 67 inconnus jouant les 7 émotions de base (*i.e.,* joie, peur, colère, tristesse, surprise, dégoût et neutre). Le second niveau inclut des photographies des expressions faciales des personnels de l'établissement fréquenté par chaque participant (enseignant spécialisé, surveillants, auxiliaires de vie scolaire, personnels techniques, *etc.*). Chaque membre du personnel avait pour consigne de mimer les mêmes 7 émotions de base. Les photos de 20 membres du personnel ont été récoltées pour chaque participant (*i.e.,* 20 photos de joie, 20 photos de colère, *etc.*). L'application choisissait de manière aléatoire l'une de ces 7 émotions à retrouver, tout en assurant un nombre constant d'apparitions de chaque émotion dans chaque session.

***Reconnaissance dynamique des émotions.*** L'application présente la lecture d'une vidéo. À certains moments, le flux vidéo est interrompu et une tâche d'identification d'émotion faciale est affichée sous la vidéo. L'enfant doit alors sélectionner l'émotion appropriée parmi une liste de paires mot/émoticône en fonction de l'image affichée (*i.e.,* l'image affichée lors de l'arrêt de la vidéo). Chaque vidéo est interrompue au moins deux fois, avec une émotion différente à chaque fois. Les émotions sont représentées de manière équivalente dans chaque niveau de difficulté. Le premier niveau concerne des vidéos de dessins animés simplistes comportant un seul personnage et uniquement les émotions de base (*i.e.,* joie, peur, colère, tristesse) pour les premiers niveaux. Des vidéos de dessins animés complexes, avec textures, émotions enrichies et interactions entre personnages composent les niveaux suivants. Il est à noter que la lecture de ces vidéos est ralentie dans les premiers niveaux afin de permettre à l'élève de capter au mieux les expressions des personnages. Ce ralentissement repose sur les travaux démontrant les bénéfices d'une exposition ralentie aux stimuli faciaux à valence émotionnelle [Gepner *et al.*, 2001 ; Tardif *et al.*, 2007]. En outre, le son a été retiré des vidéos, sur la base des recherches suggérant l'évitement d'un entrainement sensoriel mutli-canal pour les enfants avec TSA [Mottron *et al.*, 2006].

***Orientation de l'attention.*** La troisième application (see Figure 9.5) propose un entrainement à l'orientation attentionnelle, compétence participant à une bonne détection des intentions de communication d'autrui [Kampe *et al.*, 2003] et qui est déficitaire chez les enfants TSA [Charman *et al.*, 2000]. Une photographie de visage est présentée à l'élève, puis un symbole est affiché de manière furtive au niveau des yeux. Il est enfin demandé à l'élève de sélectionner le symbole apparu précédemment au sein d'une liste de symboles. Le premier niveau de cette application est composé de photographies de visages ; le deuxième est composé de photographies de scènes d'interaction complexes en environnement scolaire. Dans ce deuxième cas, le symbole s'affiche sur le visage de la personne pertinente dans la scène de classe (l'énoncé de l'exercice par le professeur, la discussion avec un camarade pendant

la récréation, *etc.*). Pour chaque niveau d'intensité, le symbole est d'abord affiché durant 4 secondes. Il est ensuite affiché seulement 2 secondes dans le but d'automatiser l'orientation du focus attentionnel. Une fonctionnalité de suivi des performances a également été implémentée. Ainsi, tout aidant intervenant auprès de l'élève peut suivre l'utilisation des applications, ainsi que les progrès de l'élève au quotidien.

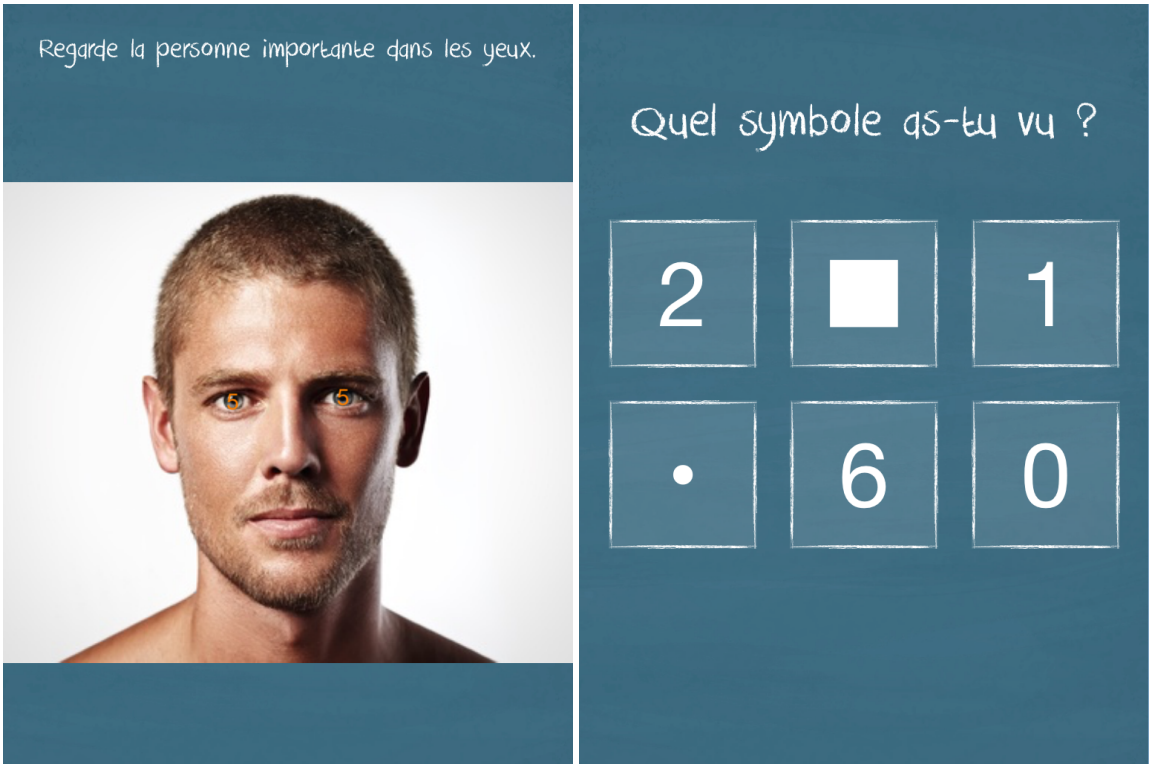



FIGURE 9.5 – Application d'entrainement à l'orientation du focus attentionnel.

### 9.2.3 Procédure

Pour les besoins de l'expérimentation, chaque participant a été inclus dans une nouvelle classe ordinaire, dans laquelle de nouvelles situations étaient susceptibles de se présenter. Il s'agissait d'un cours suivi à raison d'une heure par semaine sur une période de trois mois. Une auxiliaire de vie scolaire (AVS) a accompagné tous les participants équipés lors de leur inclusion. Chaque AVS a été formé à la prise en charge des enfants avec TSA. De plus, l'utilisation des applications *Collège+* ainsi que leur rôle de soutien social pour leur utilisation par les enfants leur ont été présentés. Durant chaque cours d'inclusion, et pour chaque participant, l'AVS complétait un questionnaire spécifique afin de collecter les observations de l'utilisation des applications d'assistance en classe ordinaire. Des mesures

ont été effectuées en pré- et post-intervention afin d'enregistrer l'évolution des participants, tant sur le plan de l'adaptation des comportements que du fonctionnement socio-cognitif.

### Pré-intervention

Avant notre intervention, des réunions ont été menées avec les enseignants des classes ordinaires, les enseignants spécialisés, les auxiliaires de vie scolaire, les parents et les enfants. Le but était de présenter globalement notre procédure (see Figure 9.6) expliquer l'importance d'utiliser d'adhérer à notre intervention sur outil numérique, et répondre à leurs questions. Nous avons également donné une démonstration de notre outil, en expliquant son fonctionnement. Dans un deuxième temps, nous avons de nouveau rencontré les familles pour créer/identifier les contenus idiosyncratiques afin de personnaliser les applications. Il a été demandé aux familles « une dizaine de photos et une vidéo courte qui apaise leur enfant. ». En général, une conversation s'engageait spontanément entre parents et enfant. Les photos sélectionnées faisaient pour la plupart référence à l'enfant, typiquement en vacances ou dans un environnement protégé (*e.g.,* le domicile). Les vidéos ont pour la plupart été enregistrées spécifiquement pour notre étude. Elles présentent l'enfant s'adonnant à l'un de ses hobbies. Dans un troisième temps, l'enseignant spécialisé de chaque participant a rempli un formulaire d'informations démographiques ainsi que des questionnaires liés à l'adaptation des comportements de l'élève. Les parents de chaque participant se sont également vus remettre ces questionnaires, l'enfant lui-même remplissant une série de tests neuropsychologiques liés à la ToM.

### Intervention

Les participants devaient utiliser les applications d'assistance lors de leur inclusion hebdomadaire en classe ordinaire, et les applications d'entrainement à leur domicile. Parents, enseignants et AVS ont participé au suivi de l'utilisation des applications.

***Utilisation des applications d'assistance.*** Les participants avaient pour consigne d'utiliser les applications compensatoires à chaque fois qu'ils en ressentaient le besoin. Les enseignants étaient au fait que de telles situations pouvaient se produire durant leur cours, et étaient même encouragés à se reposer sur les applications compensatoires pour les comportements socio-adaptatifs. L'AVS avait pour consigne de rediriger l'élève vers les applications d'assistance, ou bien de déclencher l'application appropriée au contexte lorsqu'elle le jugeait nécessaire. À la fin de chaque mois d'intervention, l'AVS devait indiquer si l'élève utilisait les applications en totale autonomie et de façon appropriée (noté 1) ou s'il avait besoin d'une aide pour les déclencher et/ou les utiliser (noté 0).

***Utilisation des applications d'entrainement.*** Les participants avaient pour consigner d'utiliser les applications d'entrainement à raison de 15 minutes par jour, au moins 5

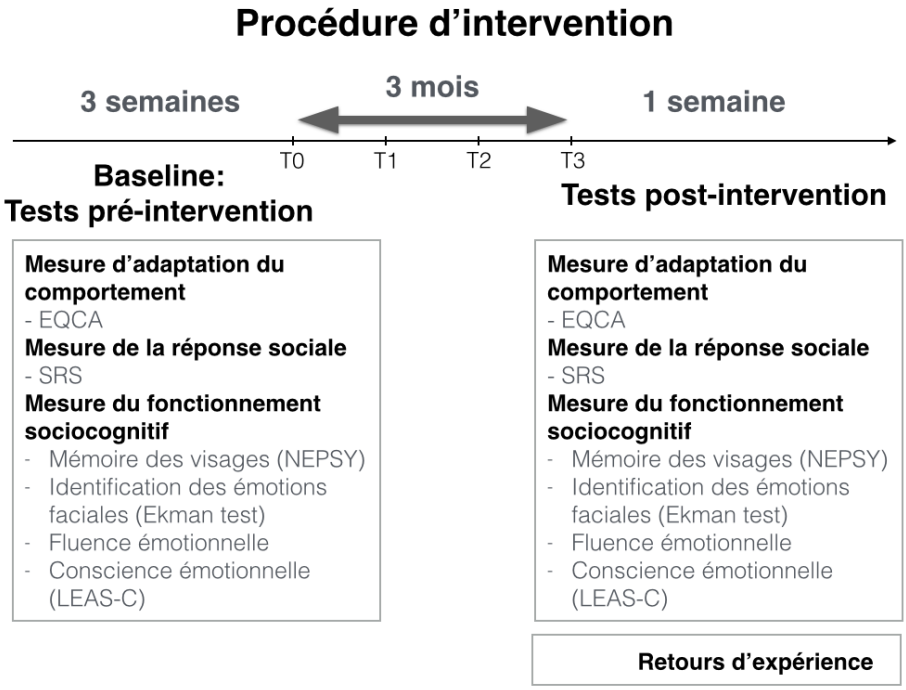



FIGURE 9.6 – Procédure générale de l'expérimentation *Collège+*.

jours par semaine. Une barre de progression était affichée sur l'interface pour indiquer le temps écoulé et le temps restant pour la journée en cours. Les parents étaient encouragés à accompagner l'utilisation des applications et les progrès réalisés par leur enfant au cours de l'intervention à travers la fonctionnalité de suivi des performances. La perception des parents concernant les applications d'entrainement a été recueillie au travers de deux items du questionnaire USE (Usefulness, Ease of use ; [Lund, 2011]) : l'utilisabilité et la facilité d'utilisation (notées sur une échelle de Lickert de 0 à 4).

***Données d'interaction.*** Dans le but d'évaluer de manière objective l'utilisation des applications en classe ordinaire (applications d'assistance) et au domicile (applications d'entrainement), les données d'interaction ont été enregistrées pour chaque utilisation de chaque application. Ces données fournissent le nombre d'utilisation des applications *Collège+* par chaque participant durant l'intervention. Spécifiquement, les utilisations des applications d'assistance (*i.e.,* prompteurs d'activités pour les routines de classe et les routines communicationnelles, et régulation émotionnelle), ainsi que les utilisations des applications d'entrainement sociocognitif (*i.e.,* orientation du focus attentionnel, et reconnaissance des émotions statiques et dynamiques), et ce pour chaque participant. À la fin de l'intervention, ces données pour chaque groupe ont été comparées, par mois.

#### Post-intervention

Toutes les mesures post-intervention ont été récoltées dans les deux semaines suivant la fin des trois mois d'intervention. Tous les entretiens se sont déroulés au collège ou au domicile. Ils adressaient l'adaptation des comportements à la vie scolaire, les aptitudes sociales via l'entretien des enseignants spécialisés, et le fonctionnement sociocognitif au travers d'évaluation neuropsychologiques réalisées directement auprès des enfants. Les retours d'expérience de l'ensemble des parties prenantes ont été recueillis, ainsi que leurs suggestions pour améliorer ce type d'intervention.

Au terme de l'expérimentation, les enseignants spécialisés et auxiliaires de vie scolaire, ainsi que tous les enseignants qui le souhaitaient, se sont vus formés aux contenus pédagogiques ciblés aux enfants avec difficultés d'apprentissage, DI et TSA, afin de les rendre autonomes dans la gestion de ce nouveau support.

### 9.2.4 Mesures

Deux types de mesure ont été récoltés afin de rendre compte des bénéfices liés à l'utilisation de nos applications. En effet, des mesures subjectives (réponses des professeurs à des questionnaires) ont été récoltées pour évaluer l'impact de l'intervention sur les comportements socio-adaptatifs et les aptitudes sociales à l'école. Et, des mesures objectives issues de l'évaluation neuropsychologique de chaque enfant renseignent le fonctionnement sociocognitif pré- et post-intervention.

#### Mesures pré-post intervention

Pour créer une ligne de base d'observation (pré-intervention), l'enseignant spécialisé de chaque participant a rempli un formulaire d'informations démographiques ainsi que les échelles d'adaptation du comportement en vie scolaire (EQCA-VS, [Morin et Maurice, 2001]) et d'aptitudes sociale (SRS, [Constantino *et al.*, 2003]) sur la base de leurs observations et de leurs connaissances des participants. Les participants ont quant à eux complété le WISC-IV abrégé [Grégoire, 2000] ainsi que des tests neuropsychologiques liés aux mécanismes de ToM : fluence émotionnelle [Greenberg *et al.*, 1995], conscience émotionnelle (LEAS-C, [Veirman *et al.*, 2011]), mémoire des visages immédiate (subtest NEPSY, [Korkman, 1988]) et identification des émotions faciales (Ekman test, [Ekman, 1992]). Les participants étaient ensuite observés durant leur inclusion en classe ordinaire (Français, Mathématiques, Histoire, Géographie, ou Biologie) durant deux semaines. Dans le contexte de notre intervention, chaque participant a été inclus dans une nouvelle matière, dans laquelle des situations nouvelles pouvaient se produire. Il s'agissait d'un cours d'une heure à raison d'une fois par semaine sur une période de trois mois. Une auxiliaire de vie scolaire formée a accompagné chaque élève dans son inclusion et était préalablement entraînée à l'usage de nos applications pour jouer le rôle de support social à son utilisation auprès de l'élève.

Toutes les mesures post-intervention ont été récoltées dans les deux semaines suivant la fin des trois mois d'intervention. Tous les entretiens se sont déroulés au collège ou au domicile. Ils adressaient l'adaptation des comportements à la vie scolaire (EQCA), les aptitudes sociales (SRS) via l'interview des professeurs, et le fonctionnement sociocognitif (fluence émotionnelle, LEAS-C, subtest NEPSY, Eckman test). Les retours d'expérience de l'ensemble des parties prenantes ont été recueillis, ainsi que leur suggestion pour améliorer ce type d'intervention.

### Comportements socio-adaptatifs

Pour mesurer les bénéfices en termes de comportements sociaux-adaptatifs, deux échelles ont été utilisées. L'enseignant de chaque classe spécialisée a complété les versions françaises des questionnaires Échelle des Comportements Adaptatifs-Version Scolaire (EQCA-VS, r[Morin et Maurice, 2001]) et Social Responsiveness Scale (SRS, [Constantino *et al.*, 2003]). Ces échelles sont particulièrement adaptées au milieu scolaire de par leur nature quantitative et leur dépendance aux observations des professeurs en environnement naturel.

L'EQCA-VS est une échelle mesurant les comportements sociaux-adaptatifs regroupés en 5 catégories : Communication (17 items), Socialisation (17 items), Autonomie (16 items), Habiletés Scolaires (25 items) et Loisirs (11 items). Chaque item désigne un comportement observable en environnement scolaire. La cotation est opérée comme suit : « 0 » si le comportement n'est pas observé ; « 1 » si le comportement est réalisé mais de façon partielle, avec l'aide ou sur sollicitation d'un aidant ; « 2 » si le comportement est réalisé en complète autonomie. Deux versions du questionnaire sont disponibles : une s'adresse aux parents et une aux enseignants. Cette dernière a été retenue pour notre étude.

La SRS est une échelle qui mesure les limitations dans la réponse sociale. Un algorithme permet d'extraire des indicateurs concernant la conscience sociale (8 items), le traitement de l'information sociale (cognition, 12 items), les capacités de communication sociale réciproque (22 items), la motivation à la participation sociale (11 items) ainsi que les traits autistiques (*e.g.*, stéréotypies, 12 items) peuvent être calculés. Elle comporte 65 items, faisant référence à un comportement social, côté de « 1 », « Pas vrai », à « 4 », « Presque toujours vrai ». Il est à noter que cette échelle mesure les limitations de la réponse sociale. En conséquence, un score de SRS important correspond à une réponse sociale déficitaire, tandis qu'un score faible correspond à une adaptation de la réponse sociale.

### Fonctionnement sociocognitif

Une batterie de 4 tests neuropsychologiques évaluant les processus liés à la ToM [Baron-Cohen, 2001] a été utilisée afin d'évaluer le fonctionnement sociocognitif pré- et post-intervention des participants.

***Mémoire des visages immédiate (Subtest NEPSY, [Korkman, 1988]).*** . Ce test comprend une série de 16 photographies de visages d'enfants normées non-émotionnellement connotés. Chaque photographie est présentée durant 5 secondes. Ensuite, chaque visage est de nouveau présenté à la personne évaluée, accompagné de deux autres visages inconnus. La consigne est la suivante : « Regarde ces trois photos. Tu as déjà vu un de ces enfants tout à l'heure. Montre moi celui que tu as vu tout à l'heure ». L'individu doit alors pointer le visage en question. Ainsi, un score maximum de 16 peut être obtenu.

***Identification des émotions faciales (Ekman test, [Ekman, 1992]).*** Ce test comporte 30 photographies normées de visages exprimant une des six émotions suivantes : joie, colère, peur, tristesse, surprise et dégoût. Chaque photographie est présentée pendant 5 secondes, puis il est demandé à la personne évaluée de désigner une des six émotions. Un entrainement présentant une occurrence de chaque émotion est effectué au préalable. Un score maximum de 30 peut être obtenu. Deux différents sets de 30 photographies chacun ont été utilisés en pré- et post-intervention afin de prévenir l'effet test-retest.

***Fluence Emotionnelle [Greenberg* et al.*, 1995].*** Ce test mesure la capacité d'un individu à exprimer ses propres états émotionnels en mesurant l'accès à son lexique d'émotions. Pour ce faire, il est demandé à la personne de produire tous les mots désignant une émotion aussi vite que possible (en 2 minutes). Le score est le nombre de mots produit désignant correctement un état émotionnel.

***Conscience émotionnelle, version française (LEAS-C, [Veirman* et al.*, 2011]).*** Ce test comprend 12 scenarii interpersonnels en environnement de vie quotidienne (une majorité en milieu scolaire). Chaque scénario, décrit brièvement, implique deux personnages. Il est demandé à la personne évaluée de décrire ses états émotionnels face à la situation décrite, ainsi que les états émotionnels de l'autre personnage. Cette distinction permet de dégager deux sous-scores à la LEAS-C : la conscience émotionnelle de soi et celle d'autrui. Chaque scénario est sensé évoquer une des 4 émotions de base (*i.e.*, joie, tristesse, colère, peur). Chacune est représentée 3 fois dans le test. La complexité de la réponse, évaluée en termes de nombre de mots et de richesse des formulations, est rapportée sur 5 niveaux, notés de 1 à 5. Les niveaux 1 et 2 concernent les réponses peu évocatrices d'un état émotionnel, ou n'indiquant pas spécifiquement une émotion (*e.g.*, « J'aurais mal. »). Le niveau 3 concerne la formulation directe des émotions de base (*e.g.*, « Je me sentirais triste. »). Le niveau 4 concerne les réponses dont la conscience émotionnelle est plus complexe (*e.g.*, « Je me sentirais heureux mais peut-être un peu excité aussi. »). Enfin le niveau 5 implique une considération des états vis-à-vis de l'autre personnage (*e.g.*, « Je me sentirais triste mais un peu heureux pour mon ami. »). Toute absence de réponse est notée 0, de même que les réponses inappropriées (*e.g.*, « Je sentirais qu'elle l'a fait exprès. »). Les 12 scenarii ont été séparés en deux set de six scenarii, chacun couvrant les 4 émotions. Lorsqu'un set est

présenté avant l'intervention, l'autre est utilisé après l'intervention, et vice-versa. Chaque scénario étant côté de 0 à 5, le score maximal pour chacun des sets de 6 scenarii est 30 dans notre étude.

Afin de pouvoir comparer les effets de l'intervention sur l'ensemble des tests neuropsychologiques, tous les scores bruts ont été transformés en scores standard (z-scores).

## 9.3 Étude 1 : Conception d'applications d'assistance des enfants avec TSA en classe ordinaire

Cet article est une version étendue de l'article [Fage *et al.*, 2014] qui a reçu le prix du "Best Paper Award" à la conférence ASSETS'14 (Rochester, USA), et publié dans sa version française dans la Revue de Rééducation Orthophonique. Rédigé sur invitation, il a été publié dans le Journal TACCESS [Fage *et al.*, 2015].

***Title.*** Tablet-Based Activity Schedule in Mainstream Environment for Children with Autism and Children with ID

***Authors.*** Charles Fage, Léonard Pommereau, Charles Consel, Émilie Balland, Hélène Sauzéon

***Keywords.*** Autism ; Intellectual Disabilities ; Tablet applications ; Activity schedules ; Participatory design ; educative inclusion in mainstreamed environment ; idiosyncratic multimedia contents

***Abstract.*** Including children with Autism Spectrum Disorders (ASD) in mainstreamed environments creates a need for new interventions whose efficacy must be assessed in situ. This paper presents a tablet-based application for activity schedules that has been designed following a participatory design approach involving mainstream teachers, special-education teachers and school aides. This applications addresses two domains of activities : classroom routines and verbal communications.

We assessed the efficiency of our application with two overlapping user-studies in mainstream inclusion, sharing a group of children with ASD. The first experiment involved 10 children with ASD, where 5 children were equipped with our tabled-based application and 5 were not equipped. We show that (1) the use of the application is rapidly self-initiated (after two months for almost all the participants) and that (2) the tablet-supported routines are better performed after three months of intervention. The second experiment involved 10 children equipped with our application ; it shared the data collected for the 5 children with ASD and compared them with data collected for 5 children with Intellectual Disabilities – ID.

We show that (1) children with ID are not autonomous in the use of the application at the end of the intervention ; (2) both groups exhibited the same benefits on classroom routines ; and, (3) children with ID improve significantly less their performance on verbal communication routines. These results are discussed in relation with our design principles.

Importantly, the inclusion of a group with another neurodevelopmental condition provided insights about the applicability of these principles beyond the target population of children with ASD.

### 9.3.1 Introduction

Children with Autism Spectrum Disorders (ASD) are characterized by restricted and repetitive behavior patterns, as well as impairments in communication and social interaction [American Psychiatric Association, 2000]. Symptom severity and intellectual ability vary considerably, but in all cases, the capacity to cope effectively with the demands of daily life is negatively affected. Children with ASD, for example, experience difficulties in organizing time, planning, and completing tasks [Gagné, 2010].

Despite these challenges, there is growing evidence that educational inclusion produces a positive effect on children with Autism Spectrum Disorders (ASD) [Hunt et McDonnell, 2007]. However, inclusive education of these students is often hampered by the misgivings of school staff that presumes negative outcomes on classroom functioning if the student is not autonomous enough to perform a range of tasks [Harrower et Dunlap, 2001]. Specifically, children with ASD may need help to manage daily routines, make transitions between activities and engage in social interactions [Cramer *et al.*, 2011]. If these special needs are not addressed, they can result in interruptions during class that decrease learning opportunities, not only for the student with ASD, but also for all the students [McCurdy et Cole, 2013].

Activity schedules are an efficient method to enable children with ASD to be more autonomous [Koyama et Wang, 2011 ; Lequia *et al.*, 2012 ; McClannahan et Krantz, 1999]. An activity schedule is based on picture and/or text sequences decomposing tasks or activities into successive steps [McClannahan et Krantz, 1999]. By following such schedules, users can achieve tasks, using paper-based supports [Koyama et Wang, 2011] and multitouch tablets [Cihak *et al.*, 2010 ; Hirano *et al.*, 2010]. Such compensation technologies have been studied for a long time (for a comprehensive review, see Lopresti *et al.* [Lopresti *et al.*, 2004]). Hence, activity schedule is a promising assistive method, especially when it is realized on a tablet, because of the documented preference of ASD children for this device [Sampath *et al.*, 2012 ; Tentori et Hayes, 2010].

Surprisingly, the use of computer-based activity schedules in school settings is only proposed for special classrooms, not in mainstreamed classrooms. This situation may stem from the complexity of specifying tasks that need support in general classroom, compared to special classroom. For instance, contrary to special education settings, inclusive education in a secondary school entails frequent changes in terms of classrooms, teachers, and classmates. Furthermore, in mainstreamed environments, the expectations of teacher may not be as personalized as in a special classroom. For instance, a pedagogical focus on a single task or a limited set of tasks is possible in a protected class, whereas a wide panel of

tasks is implicitly expected as being correctly performed in mainstreamed setting.

This paper presents the design of a tablet-based application, named *Classroom Schedule+ (CS+)*, that supports activity schedules for both classroom and verbal communication routines. This design has been carried out with a participatory design approach, including the stakeholders of educational inclusion. Students with ASD used this application in mainstream classes. An experimental study compared the performance of equipped students with ASD to non-equipped students with ASD.

In practice, students with ASD spend their time in a special-education classroom, when they are not in an inclusive class. This special-education classroom often gathers students with other conditions than ASD ; they are mostly students with non-specific Intellectual Disabilities (ID) [Duncan *et al.*, 2014]. For obvious ethical reasons, we decided to equip with our tablet all the students of the special-education classrooms, whether or not with ASD. Besides the satisfaction of being inclusive in our approach, this situation could create an opportunity, if all students participated in our study. Specifically, we would then be able to measure the effects of our application on participants, exhibiting similar functional limitations, but having a different condition. In doing so, we would know whether the design of our application was specific to the children with ASD, and whether it produced different benefits depending on the students' condition.

In this paper, our contributions are as follows.

*The creation of a tablet-based application that supports activity schedules.* This application has been designed following a participatory design approach involving mainstream teachers, special-education teachers and schools aids. In doing so, we identified activities that must be supported in general classrooms for students with ASD, and we collected the requirements needed for a computer-based activity-schedule system. *CS+* supports two domains of classroom activities for which mainstream teachers have given priority : classroom routines and verbal communication.

*Our application was used in mainstream classes.* Ten students in special-education classes of secondary schools were equipped with our tablet-based application. Their age ranged from 13 to 17. Their conditions included ASD and ID. Our intervention lasted for 3 months and involved including these children for the first time in mainstream classes (one hour per week accompanied by a school aide).

*We demonstrated the efficiency of our application to support mainstream inclusion.* Specifically, five students with moderate ASD were equipped with CS+ (ASD experimental group), while five others students with moderate ASD were not equipped (ASD control group). Equipped students showed significant improvements for classroom and verbal communication routines, over non-equipped ones, in the mainstream classroom.

*By recruiting five children with ID, we determined the perimeter within which our design*

*principles apply to both populations (with and without ASD)*. We measured similar improvements for classroom routines in both groups, suggesting that our design applies equally well to both cases. However, we observed significant differences in favor of children with ASD when considering verbal communication routines. This result suggests that for these activities our design is better suited for children with ASD.

This article is an expanded version of a conference paper presented in the ACM ASSETS 2014 Conference on Computing and Accessibility in Rochester (US) [Fage *et al.*, 2014]. We present results from an additional experimental group with another condition and discuss the relationships between our initial design principles and the variations in the efficiency of our application on both populations (ASD and ID).

### 9.3.2 Related Work

#### Assistive technologies in the school context

Several computer-based intervention tools have been developed to support inclusion in mainstreamed environments. For example, Escobedo *et al.* provided a smartphone-based tool for assisting social skills during breaks in a public school, using an augmented reality approach [Escobedo *et al.*, 2012]. It helped 3 students with ASD increasing their communication and social interactions, enabling their integration with 9 neurotypical students. Huong *et al.* investigated the relevance of online crowdsourcing to provide individuals with ASD with "social support from out-group workers in order to cope with everyday issues and frustrations" [Hong *et al.*, 2015]. For another example, a task manager, hosted by a smartphone, has been used by young adults with ASD studying at the university [Gentry *et al.*, 2010].

#### Activity schedules in the school context

Recently, principles of activity schedules have been explored as underpinnings of the design of assistive technology for ASD children. Specifically, paper-based activity schedules are mostly used by special education teachers with children with ASD; these schedules usually consist of line drawings or photographs with Velcro© on the back [Lequia *et al.*, 2012]. They have been used in educational programs dedicated to individuals with ASD and represent a key component of the structured teaching model in the TEACCH program (Treatment and Education of Autistic and Related Communication Handicapped Children) for many years [Mesibov *et al.*, 2004]. However, they include limitations for school aides or teachers, such as time to create them and difficulties to record data for tracking student progress [Hirano *et al.*, 2010]. Consequently, activity schedules can be considerably improved when they are based on a multitouch tablet [Cihak *et al.*, 2010; Hirano *et al.*, 2010]. Hirano *et al.* developed vSked, an interactive activity scheduling for use in special education classroom [Hirano

*et al.*, 2010]. The vSked system was designed to include the benefits of traditional activity schedules (*e.g.,* transitioning between activities, independently engaging in classroom tasks) as well as new functionalities, such as dynamic task creation and real-time usage tracking. Cihak *et al.* supported students with ASD to initiate a general classroom task (*e.g.,* writing, reading or listening), not to follow a sequence of activities [Cihak *et al.*, 2010]. The authors use photos showed to the student, self-modelling task engagement to support the initiation of a classroom task. These photos were inserted into a PowerPoint© presentation on a handheld computer.

Therefore, to the best of our knowledge, there is no study assessing the use of activity schedules to support inclusion of children with ASD in general classrooms. Although their effectiveness has been demonstrated in special education classrooms.

**Introducing an assistive technology in special-education classrooms : inclusion of children with ID**

As mentioned earlier, for ethical reasons, we included both children with ASD and children with ID in our study. These two populations exhibit similar functional limitations of daily living activities, involving the autonomy skills, and communication skills [Liss *et al.*, 2001 ; Mouga *et al.*, 2014]. Specifically, these two populations exhibit a similar level of difficulties in communication skills, while children with ID perform slightly better in daily living activities related to autonomy skills [Liss *et al.*, 2001 ; Mouga *et al.*, 2014].

Consequently, activity schedules have been extensively used to assist both populations to improve their autonomy and reduce their dependence to caregivers [Anderson *et al.*, 1997 ; Copeland et Hughes, 2000 ; Carson *et al.*, 2008 ; Mechling, 2007]. Specifically, Irvine *et al.* 1992 addressed the school context by using paper-based activity schedules in a special-education classroom with four students with severe intellectual disabilities. Thanks to their paper-based activity schedules, participants managed to self-initiate each step of a previously established routine when arriving in the classroom in the morning. However, authors did not assess the performance on prompted tasks, but rather emphasized on their self-initiation. Spriggs *et al.* 2007 provided four students with ID with activity schedules books in a special-education classroom. All four participants performed more step independently when using these activity schedules books. Effectiveness of activity schedules to assist people with ID has been reported when implemented on technological supports, such as PDA, smartphone and touch-screen tablet [Davies *et al.*, 2002 ; Lancioni *et al.*, 2000]. The authors observed an enhanced autonomy of the participants.

From a methodological standpoint, including two different populations in the validation of an intervention enriches the results of a study. Such experimental design is called Cross-Syndrome design [Sigman et Ruskin, 1999]. It is suited to demonstrate specific intervention effects in a target population, while matching participants on their individual factors, namely the age, the intellectual functioning, and the educational environment. According to Sigman and Ruskin, if syndrome group A and contrast group B are matched on

chronological age and intellectual functioning, but the mean of group A on an intervention effect is significantly higher than the mean of group B, then group A is considered to exhibit a specific benefit on the intervention. A benefit (or pattern of benefit) is considered unique to syndrome A if it is evidenced only by individuals who have this syndrome.

Even though we included children with ID in our study, our work focused on designing and validating a tablet-based activity schedule to support mainstream inclusion of children with ASD. Therefore we considered general principles to develop interactive technologies for children with ASD and adopted a participatory design approach to develop such an assistive tool.

#### General principles to develop interactive technologies for children with ASD

Individuals with ASD have a preference for computers and video games to assist them with social communication and academic activities [Putnam et Chong, 2008]. Prevalently, the research on the design of interactive technologies for children with ASD recommends simplicity, predictability, and clear mappings between actions [Hayes *et al.*, 2010; Hourcade *et al.*, 2013]. Because individuals with ASD tend to process visual information more effectively than auditory information, existing intervention approaches use visual supports [Hayes *et al.*, 2010; Hirano *et al.*, 2010; Hourcade *et al.*, 2013]. Since Autism is considered as a spectrum, the severity of the difficulties encountered is extremely variable among children. Assistive technologies must be flexible enough to support and adapt to each child uniquely, as (s)he develops [Hayes *et al.*, 2010]. Distractive stimuli should be avoided. More precisely, they should be mistake-free to reduce frustration (*e.g.,* no error messages, no wrong answers) [Hourcade *et al.*, 2013]. These well-known general principles ensure the usefulness and usability of the interactive technologies for children [Hayes *et al.*, 2010; Hirano *et al.*, 2010; Hourcade *et al.*, 2013]. However, these principles are not enough to ensure that the technology matched the constraints of mainstreamed environments.

#### Participatory design approach

A participatory design method creates a great interest in the area of assistive technologies [Druin, 2002] because it relies on the active involvement of end-users and stakeholders to identify needs and constraints. It has been extensively used in the design of technologies for children with ASD [Benton *et al.*, 2012; Frauenberger *et al.*, 2011], notably in the vSked system to identify needs and constraints of special education classrooms [Hirano *et al.*, 2010]. To the best of our knowledge, such approach has not conducted to analyze the needs of students with ASD in the context of their first inclusion in mainstream classrooms. Yet, a participatory approach could help identifying which activities need support for children with ASD when first included in mainstreamed classrooms.

**Aim of this paper**

We have conducted a participatory design approach to developing an application that provides activity schedules to support children with ASD during their inclusion in mainstreamed classrooms. We have assessed the application's effectiveness with children with ASD at secondary school. Additionally, we enriched the results by including children with another condition in our study, namely intellectual disabilities.

Let us now introduce the design principles that make our application for activity schedules amenable to general education classrooms. These principles result from interviews we conducted with a panel of school staff members. The interviewers from our team consisted of psychologists and cognitive scientists. Interviewees from the school staff included 3 special education teachers and 5 school aides; all of them had at least 5 years of experience with children with autism. We also interacted with a dozen of teachers who had previously taught children with disabilities. Interviews were conducted with small groups (4/5 people in each session) at school. During the first session, school staff members presented some examples of visual supports they were using in their classrooms (*e.g.,* pictures and words (to be paired) printed on small-sized paper sheets). The following sessions were dedicated to making classroom functioning explicit and exploring how technological support could fit in the mainstream environment : usage duration, role of the school aide, *etc.*. Then, we proposed ideas of assistive support, and discussed with the school staff to determine the ones they thought were the best suited for their needs. This participatory design resulted in five main principles to be taken into account in the design of our tablet-based activity schedule application.

### 9.3.3 Design Principles

Requirements related to the implicit and explicit rules of general classroom functioning have been given by the school staff. Not only do these principles come from stakeholders in the field, but most of them also conform to the litterature [Charbonneau *et al.*, 2013; Cihak *et al.*, 2010; McClannahan et Krantz, 1999]. Let us examine these principles.

***Activity schedules must promote reading skills.*** Reading skills is a pervasive need in the school setting. Consequently, supporting this skill in any activity at school fits the school learning objectives. To support this, visual double-coding (*i.e.,* pictorial and textual) has been applied for each step in the sequence of our activity schedules application. Text and visual information are coupled to give children who cannot read the opportunity to associate words to pictures.

***Sequences must be short.*** Classroom instructional flow is critical for some children, especially with ASD. School staff were unanimous on the fact that the intervention had to be as short as possible, to prevent the child from losing track of what is going on in the

classroom. Thus, to support inclusion of students with ASD, an activity schedule must be as short as possible (*i.e.*, decomposed into few steps). This principle is consistent with general requirements to create activity schedules [McClannahan et Krantz, 1999].

***Pictures and sentences must be concrete and idiosyncratic.*** Each step in the sequence of our activity schedule includes a picture and a sentence. School staff was unanimous on the fact that pictures and sentences must be idiosyncratic (*i.e.*, specific to a person). Furthermore, because of the complexity of multiple concurrent behavioral requirements in an academic setting (*e.g.*, waiting at the door with classmates, waiting for an approval of the teacher, *etc.*), the use of self-modeled pictures, similar to those proposed by Cihak *et al.*. [Cihak *et al.*, 2010], is recommended. For instance, to support a classroom behavior (*e.g.*, to raise hand), students self-modeled pictures should be use (see Figure 9.7).

FIGURE 9.7 – Self-modeled pictures of the same action.

***Progress status.*** To help students better manage their time, it is important to give them an indication of their progress in activity schedules. Furthermore, the use of visual timers leads to reducing anxiety - particularly present in mainstreamed classrooms. In doing so, the reduction of maladaptive behaviors may be achieved.

***Activity schedules must not use the auditory channel.*** The intervention inside the classroom must exclude audio materials. First, they would require the use of headphones that would cause a sensory exclusion, precluding the child from participating to the class. Second, headphones would stigmatize the child in front of others students because the use of technology for inclusion must be as unobtrusive as possible.

**Identification of classroom activities**

Given these principles, we worked with all stakeholders to list activities of interest in inclusive education classrooms. This step was then followed by a selection of the critical activities that required assistive support.

***General listing.*** We first listed general classroom activities involved in inclusion education with a participatory approach. These activities do not concern academic activities but classroom functioning involving students. Indeed, our technological support is not a pedagogical tool to improve student learning performance, but to guarantee typical classroom functioning. Mainstream teachers, special-education teachers and schools aides have participated to propose general classroom activities to list. For instance, few general classroom activities proposed are : Going into classroom ; Answering to classmate ; Following explanations or complex directives ; Answering questions about a text which comes from it being read *etc.*. A total of 27 general classroom activities have been proposed by these stakeholders.

***Priority selection.*** The second step was to select critical activities to be supported in this large selection. Such activities were required not to bring the student with ASD to disturb classroom functioning. Indeed, some activities create critical disruptions, and the school staff is frequently forced to suspend the inclusion of the student with ASD and to re-place him in special education classrooms for the end of the class [Harrower et Dunlap, 2001]. Furthermore, to create activity schedules properly, we also selected activities with a clear beginning and end [McClannahan et Krantz, 1999]. These critical activities can be respectively regrouped in two general domains : classroom routines and verbal communication (see Table 9.1).

***Sequencing.*** Each activity of the two domains has been decomposed into sequences thanks to methods described in McClannahan and Krantz (1999) [McClannahan et Krantz, 1999]. Furthermore, authors specified some requirements to follow to create an activity schedule : it must be easy to manipulate, includes at least one social initiation when possible, finishes with reinforcement (*e.g.*, "Finished!") *etc.* [McClannahan et Krantz, 1999].

Each classroom activity involves a sequence of steps. We have developed one activity in each domain to show examples. For all verbal communication activities, several choices are possible. For example, in the activity "talking to teacher", 3 choices are proposed : make a

| **Classroom Routines** | **Verbal Communciation** |
|---|---|
| Listening and taking notes | Answering the teacher |
| Going to classroom | Answering a classmate |
| Leaving the classroom | Talking to teacher |
| Taking out school supplies | Talking to classmate |
| Using calendar | |

Tableau 9.1 – The two domains of classroom activities

| **Ask to repeat** |
|---|
| Raise your finger |
| Wait for the teacher to interrogate you |
| Say : "Could you repeat please ?" |
| *Finished!* |

Tableau 9.2 – Example of the “talking to teacher” activity

comment; ask for an explanation or ask to repeat. These tasks are meant to bring children with ASD to be aware of the goal of their communication. Here is an example of one of them (see Table 9.2).

### 9.3.4 Application Description

Our activity-schedule system runs on a touchscreen tablet. This platform enables rich visual supports and allows the application to be used in any environment. Furthermore, tablets do not carry any stigma as they are increasingly used as portable gaming platforms. Their effectiveness to support intervention has already been demonstrated with children with ASD [Escobedo *et al.*, 2012; Hirano *et al.*, 2010; Hourcade *et al.*, 2013].

Although each student is responsible for her tablet, the school aide can initiate its use. Specifically, she monitors the child and the class flow of activities to determine whether an activity schedule becomes pertinent. When such a situation occurs, she launches the appropriate activity schedule or invites the child to do so thanks to a list of activity schedules is proposed on the top left corner of the screen. Each activity schedule is represented by a text (title) and a little picture (thumbnail). After a while, the school aide only makes sure that the child initiates the use of tablet and the selection of the appropriate activity schedule.

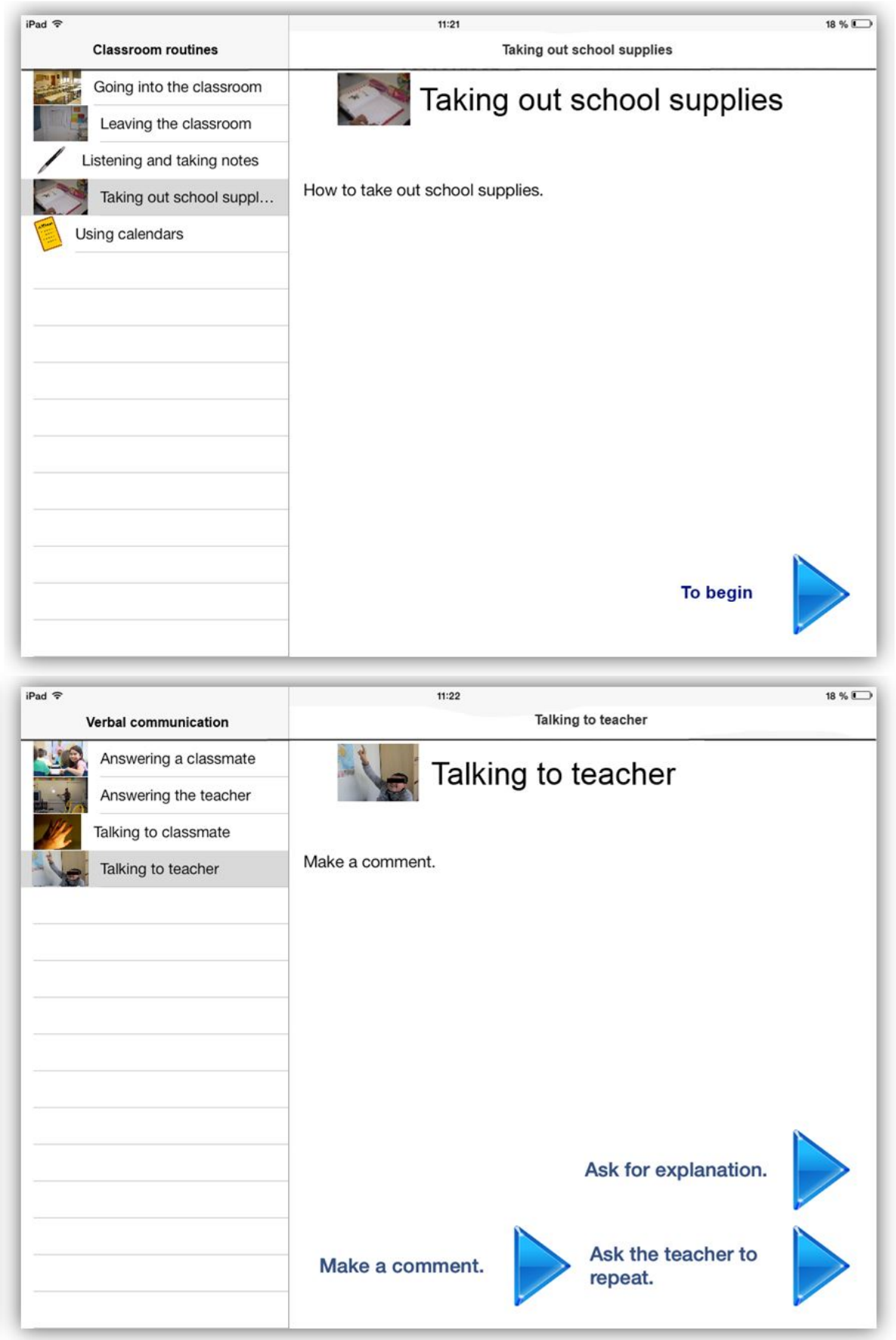



FIGURE 9.8 – The selection of an activity schedule.

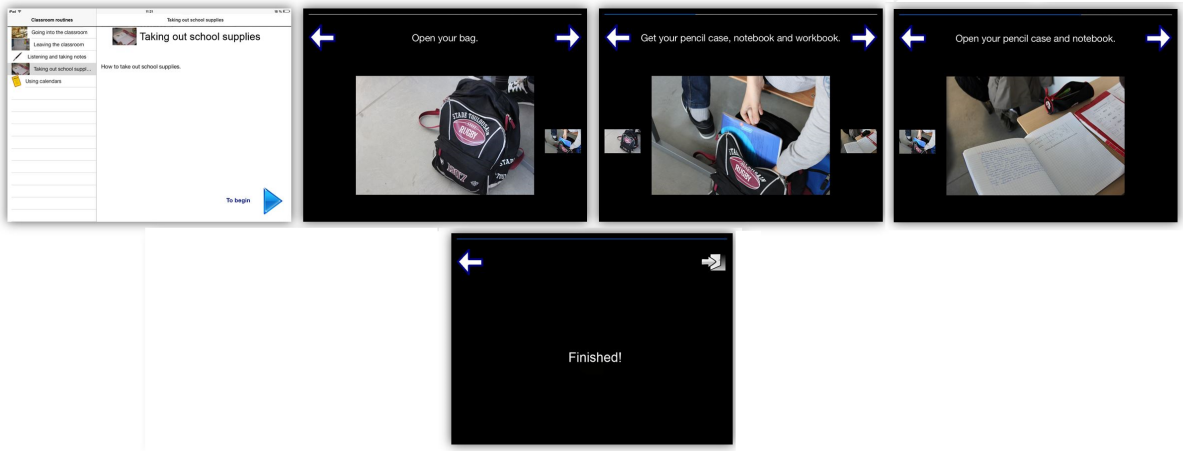



FIGURE 9.9 – Each steps of the “Taking out school supplies” activity.

The selection of an activity schedule consists of three stages : (1) the domain of activities, (2) the activity, and (3) the task to be accomplished. These stages are intended to structure the way the child should proceed with the execution of an activity, given that planning (*i.e.,* the activity steps) has been externalized with the tablet. Let us examine in detail each stage. In the first stage, the user chooses between two activity domains : classroom routines and verbal communications (see Figure 9.8). In the second stage, a list of activities is displayed (top left part of the screen). Then the appropriate activity schedule is displayed (see Figure 9.9). Notice that in case of verbal communications, these activities are split into two categories : answering and talking. The third stage proposes one of more tasks that address situations within the activity.

Once the activity schedule is in use by the child, the school aide solely supervises the process. The child is guided through each step of the activity via pictures annotated with instructions. This guiding process is idiosyncratic in that it consists of pictures of the child performing the required steps. We asked participants to perform each target task, step by step, to allow an appropriate self-modeled picture to be taken. Even though this process was time consuming, it allowed us to respect the specificity of each child, especially the order in which they usually complete the task. An arrow on each side of the screen allows the child to navigate through the steps. Furthermore, a progression bar enables the child to visualize where she is in the activity steps.

### 9.3.5 Evaluation

*CS+* has been deployed in school settings and used by children with different conditions in general inclusive classrooms. First, we present comparisons between two groups of children with ASD with and without *CS+*. Then, additional results comparing two groups equipped with *CS* (children with ASD and children with ID) are examined.

**Evaluation of CS+ for children with ASD**

***Participants.*** Our study took place in special education classrooms in secondary schools. A total of 10 students between the ages of 13 and 17 were included in our study. Five of them were children with ASD equipped with *CS+* (five boys), five others were non-equipped children with ASD (four boys and one girl). The two groups were matched by chronological age ($m_{Equipped}$ = 15.00 ; SD=1.22 ; $m_{Non-equipped}$ = 14.60 ; SD=1.14 ; $p > .700$) and intellectual functioning (according to the IQs estimated from abbreviated WISC-IV [Grégoire, 2000] ; $m_{Equipped}$ = 74.00 ; SD=29.83 ; $m_{Non-equipped}$ = 66.50 ; SD=26.72 ; $p > .600$). The group comparisons were tested using a non-parametric test (Mann-Whitney U). Neuropediatricians examined all the children, and the ASD diagnosis was performed according to the criteria of the DSM-IV [American Psychiatric Association, 2000] and with respect to the "Autism Diagnostic Interview-Revised" scale [Lord *et al.*, 1994]. To assess the severity of social impairment in the school setting, the teacher of each special education classroom initially completed the French version of the Social Responsiveness Scale (SRS) [Constantino *et al.*, 2003]. Concretely, the SRS provides a quantitative score for social impairment in a natural setting. The two groups of children with ASD had similar school-related social impairment (*i.e.*, $m_{Equipped}$ = 79.80 ; SD=37.42 ; $m_{Non-equipped}$ = 86.80 ; SD=30.51 ; $p > .700$). At this level of functioning, children are verbal, even if their speech is often inappropriate. They usually need help in conducting and transitioning between basic activities, such as handling their school accessories or taking notes, especially in new environments. As recommended by the Helsinki convention, both parental informed consent and children's assent were obtained before participation. Also, the ethics committee of our university approved the experimental protocol, prior to recruiting participants.

***Materials and instruments.*** Besides supporting the inclusion of children with ASD in general classrooms, our application collects data regarding its usage : number of uses in the mainstream class indexed by a task within the domains of activities (*i.e.,* classroom routines and verbal communications). These data are complemented by a behavioral measurement addressing efficacy and usage of *CS+* (see Figure 9.10).

***Classroom Schedule+ efficacy :.*** We have developed a specific questionnaire to measure how each task of the two activity domains is performed. Each step of a given task is assessed by the school aide as follows : the behavior is "not observed / not performed", "performed when requested, with help or poorly" or "performed autonomously". The scoring is made as follows : "not observed / not performed" are scored 0 ; "performed when requested, with help or poorly" is scored 1 ; "performed autonomously" is scored 2. Then, we sum the scores of all the steps of an activity. The overall score for an activity is a percentage representing the ratio of the sum of scores to the sum of the maximum scores. For example, if all the steps of an activity are performed autonomously, the overall score is 100%. Next, we want

to compute an overall score for each domain of activities. To do so, we consider activity percentages (previously computed) as values and compute their mean. In doing so, we obtained an overall score for each domain and for each child.

***Classroom Schedule usage :.*** This part of the assessment included school aide observations of the use of *CS+* by each child, and log data extracted from our application.

— Autonomous usage. At the end of each month of the intervention, the school aide was asked to indicate whether the child used the application autonomously and in an adequate manner (scored 1) or whether (s)he had needed help to use it (scored 0).
— Number of routines activated. From the log data, the number of routines activated during the classroom inclusion is collected (*i.e.,* for each classroom inclusion during one month period).

***Procedure.*** Prior to our intervention, we held a meeting with the inclusion teachers, the special education teacher, the school aides, the parents, and the children. The goal was to give them an overview of our procedure (see Figure 9.10), to explain the importance of using our application on a regular basis, and to answer all their questions. We also gave a demonstration of our tool, explaining its functioning. At the baseline assessment session, the special education teacher of the children with ASD completed a demographic information form and the SRS scale. The children completed the abbreviated WISC-IV. The participants were then observed during their inclusion in the classroom (French, mathematics, history, geography, or biology) for two weeks. In the context of our intervention, each participant attended a new class where new situations could occur. It was a one-hour class that occurred once a week during a period of three months. A school aide accompanied each child during inclusion. Each school aide was trained to support students with ASD. In addition, they were explained how to use *CS+* to play the role of social support during inclusion. During each inclusion class, the school aide completed a specific questionnaire to collect the activity observations for each child (that are equipped). All post-intervention measures were completed within two weeks after the end of the three-month intervention. All interviews were conducted at school or at home.

***Design and statistical treatments.*** For efficacy measure, a mixed factorial design was implemented with two within factors and one between factor. The within factors were activity domain, which had two levels (Classroom vs. Communication) and Time, which had two levels (pre- and post-intervention). The between factor was Group, and it had two levels (Equipped and Non-equipped). For the autonomous use measure, the Friedman test was used with the Time factor (after one month, two months, and after three months of intervention) as the independent variable. For the log data from *CS+*, the factorial design included only within factors with : activity domain, which had two levels (Classroom vs. Verbal

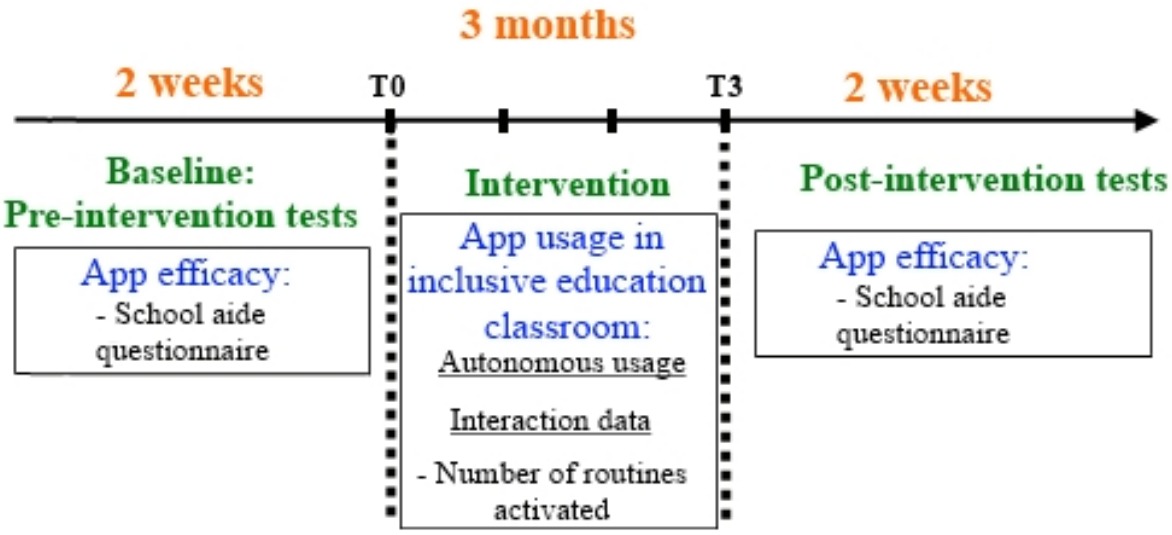



FIGURE 9.10 – An overview of our procedures.

communication) and Time, which had two levels (after one month and after three months of intervention). Despite the small-size samples that probably generate non-parametric data, an ANOVA analysis have been carried out to assess the intervention effect as a function of the Group factor, as well as Activity Domain factor. Indeed, statistically capturing the intervention effect requires to analyze the two-way interaction effect, including the Time and the Group factors. Only an ANOVA analysis provides information on two-way or three-way interaction by taken into account the total variance across all the factor conditions. To be statistically rigorous, all significant effects from the ANOVA analysis are completed by partial eta-square value (measuring the effect size) and by non-parametric pair-wise comparisons. Such statistical procedures are commonly performed in psychological studies with small-size samples [Cohen, 1988; Guéguen, 2009]. According to Gueguen (2009), we considered effect sizes as small for $\eta^2 < .06$, medium for $.06 \leq \eta^2 < .14$, and marked for $\eta^2 \geq .14$. All the dependent measures were numeric. All the pairwise comparisons were carried out with non-parametric procedures, as recommended for small-size samples with non-normal distributions, notably the Mann-Whitney U (between-factor) or the Wilcoxon (within-factor) test (with alpha-value = .05). We used the SPSS-19 tool to perform our statistical analysis.

**Results**

Let us now present the results of our study, comparing ASD children with and without *CS+*. For the sake of conciseness, we only report and discuss the significant results in this section and defer the presentation of the entire statistical results in the appendix. Overall, the results support the efficacy of *CS+* in showing that both classroom and verbal communication routines performed in general education classrooms were significantly

more enhanced for the equipped ASD children compared to the non-equipped ones. Note that the pre-post progress was higher in classroom routine domain than in the verbal communication domain for all the children. In addition, the observations from the school aide indicated that the children reached an autonomous usage of *CS+* during the second month of use. Finally, log data indicated that the use of *CS+* was high and unchanged across time for activity schedules within the verbal communication domain. By contrast, within the classroom routines domain, the use of *CS+* was high only during the first month of classroom inclusion and considerably decreased during the third month of use.

***Classroom Schedule+ Efficacy (see Figure 9.11).*** *Hypothesis :* Equipped children improve their performance, compared with non-equipped children.

The ANOVA revealed significant effects for Activity domain [$p < .001$] and Time factor [$p < .001$] on the routines correctly performed in the classroom. The interaction effect, including Time and Activity domains, was also significant [$p < .01$] and showed that the performance increase with time was higher on verbal communication than on the classroom routine domain, for both conditions of ASD children. Importantly, the interaction between Group and Time factors stated that the performance increase with time was significant for children with *CS+* ($p < .01$), whereas this is not obtained for non-equipped children ($p > .100$).

***Classroom Schedule+ usage in inclusive education classroom.*** *Hypothesis 1 :* Children who were equipped will use *CS+* autonomously before the end of the intervention.

The following two hypotheses rely on the same measure : the number of activated routines. Note that these two hypotheses are mutually exclusive ; one of them will be validated by our measurements.

*Hypothesis 2 :* Activations remain constant across time due to the persistence of the needs of children (Hypothesis of compensation function of *CS+*).

*Hypothesis 3 :* Activations decrease with time due to a learning effect on children (Hypothesis of remediation function of *CS+*).

Let us now examine each result.

— Autonomous usage measure.
  The time factor effect was significant [$\chi^2 = 6.50; p < 04$] : a mostly autonomous usage of our application reached by the children after two months ($M_{after\ one\ month} = 0.20$ ; SD=0.44 ; $M_{after\ two\ months} = 0.80$ ; SD=0.44 ;
  $M_{after\ three\ months} = 1.00$ ; SD=0.00).
— Number of routines activated.
  The ANOVA revealed a main effect of the time factor [$p < .05$], indicating that the number of activated routines decreases with time. Also, although the interaction

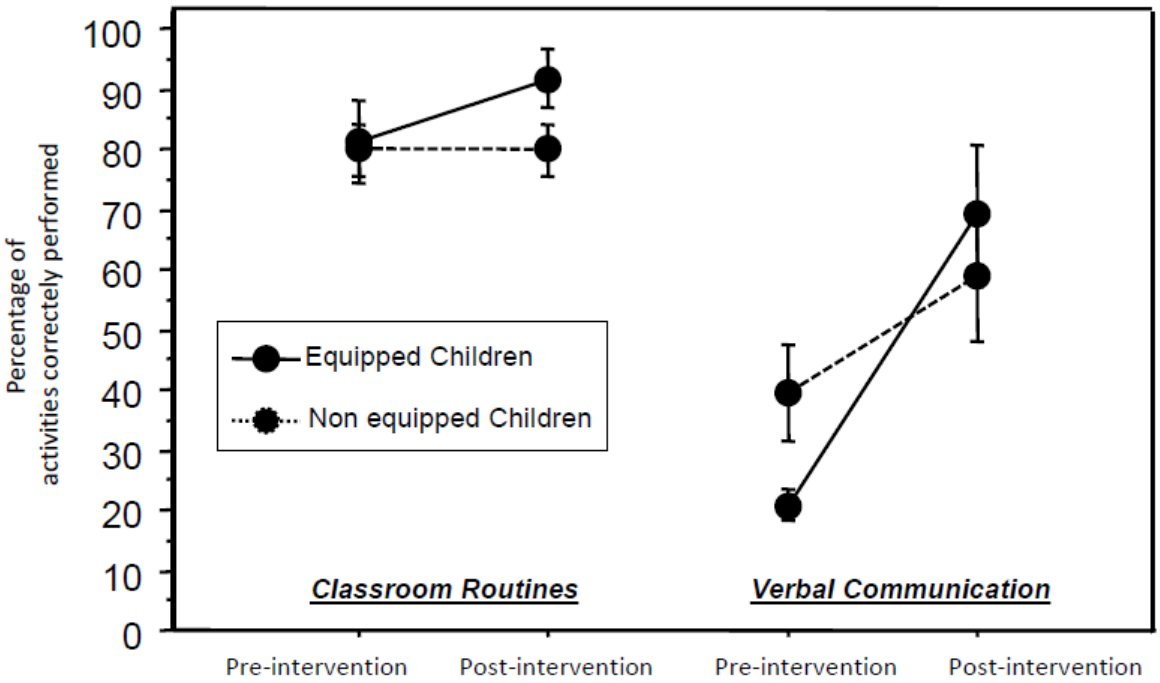



FIGURE 9.11 – Percentage of activities correctly performed on classroom according to activity domain and group condition.

effect (Time * Activity domain) did not reach the significance ($p > .05$), the post-hoc comparisons indicated that the use of *CS+* did differ significantly for classroom routines across time ($p < .05$). By contrast, the use of *CS+* did not differ significantly across time for verbal communication condition ($p > .05$) (see Figure 9.12).

**Evaluation of CS+ for children with ID**

***Participants.*** Children with ID were recruited in the special education classrooms where we enrolled children with ASD. Five students with ID between the ages of 13 and 17 were equipped with *CS+* (one boy and four girls). Children with ID were matched with equipped children with ASD by chronological age ($m_{EquippedASD}$ = 15.00; SD=1.22; $m_{EquippedID}$ = 14.14; SD=1.12; $p > .400$), intellectual functioning (according to the IQs estimated from abbreviated WISC-IV [Grégoire, 2000]; $m_{EquippedASD}$ = 74.00; SD=29.83; $m_{EquippedID}$ = 44.60; SD=13.28; $p > .200$) and for school-related social impairment ($m_{EquippedASD}$ = 79.80; SD=37.42; $m_{EquippedID}$ = 69.4; SD=29.10; $p > .600$). The group comparisons were tested using a non-parametric test (Mann-Whitney U). Two children with ID had Down Syndrome, while the three others were children with non-specific ID. All children with ID exhibited learning disabilities. As recommended by the Helsinki

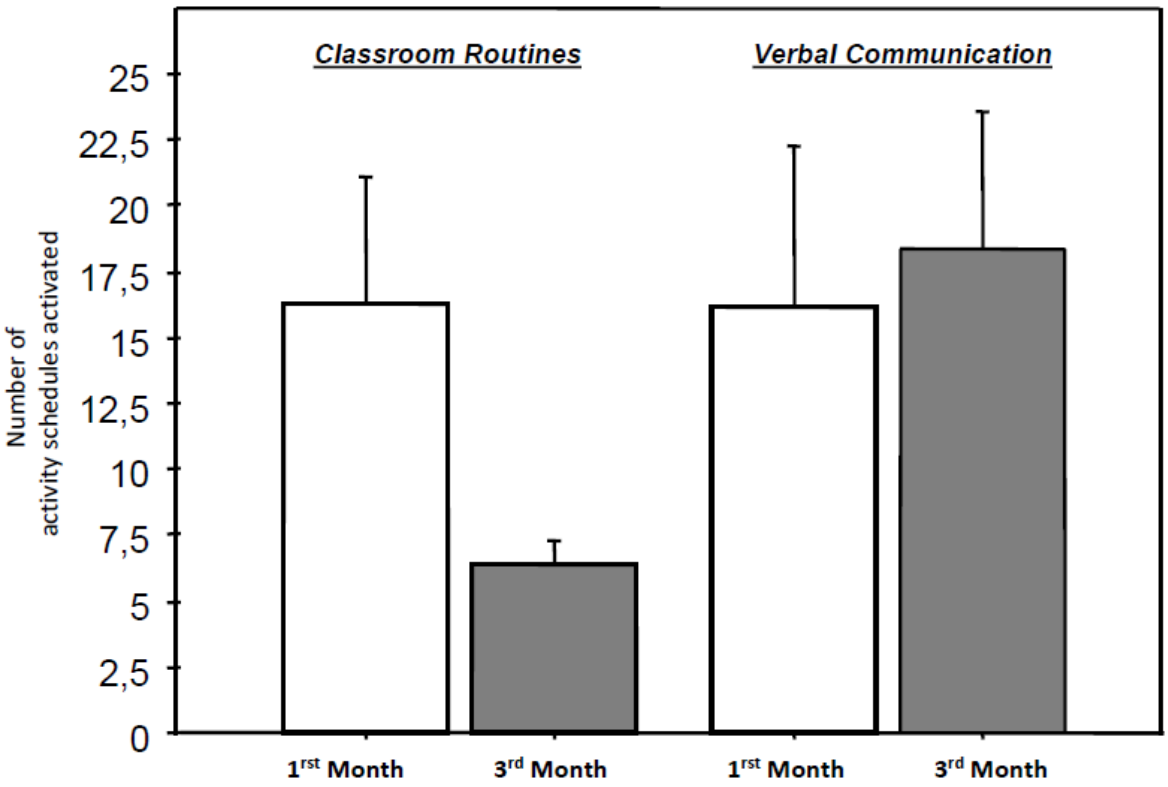



FIGURE 9.12 – Number of routines activated as a function of activity domains and intervention duration.

convention, both parental informed consent and children's assent were obtained before participation. Also, the ethics committee of our university approved the experimental protocol, prior to recruiting participants.

Children with ID equipped with *CS+* followed the exact same procedure as the one for children with ASD (described in Section 9.3.5), using our tablet based application in the general education classrooms for 3 months.

***Design and statistical treatments.*** For efficacy measure, a mixed factorial design was implemented with two within factors and one between factor. The within factors were activity domain, which had two levels (Classroom and Communication) and Time, which had two levels (pre- and post-intervention). The between factor was Group, and it had two levels (EquippedASD and EquippedID). For the autonomous use measure, a mixed factorial design was implemented with two within factors and one between factor. The within factors were Group, which had two levels (ASD and ID) and Time, which had three levels (after one

month, two months, and after three months of intervention). For the log data from *CS+*, the mixed factorial design included one between factor and two within factors with : activity domain, which had two levels (Classroom vs. Verbal communication) and Time, which had two levels (after one month and after three months of intervention). The between factor was Group, and it had two levels (EquippedASD and EquippedID).

All the dependent measures were numeric. All the pairwise comparisons were carried out with non-parametric procedures as recommended for small-size samples with non-normal distributions, notably the Mann-Whitney U (between-factor) or the Wilcoxon (within-factor) test. We used SPSS 19.

**Results**

Let us now present the results of our study, comparing equipped children with ASD and ID. As before, for the sake of conciseness, we only report and discuss the significant results in this section and defer the presentation of the entire statistical results in the appendix.

Overall, the results support the specific pattern of benefit of *CS+* for children with ASD compared to children with ID. Classroom routines have been similarly enhanced for the two equipped groups, whereas verbal communication routines performed in general education classrooms were significantly more enhanced for the equipped children with ASD compared to those with ID. In addition, the observation from the school aide indicated that children with ID reached a limited autonomous *CS+* usage after 3 months of intervention, compared to children with ASD. Finally, log data indicated that the use of *CS+* by children with ID was considerably decreased in the third month of use for both activity domains, while it was high and unchanged across time for activity schedules within the verbal communication domain for children with ASD.

***Classroom Schedule+ Efficacy (see Figure 9.13).*** *Hypothesis :* Children with ASD will improve their performance greater than children with ID.

The ANOVA revealed significant effects for Activity domain [$p < .000$] and Time factor [$p < .002$] on the routines correctly performed in classroom. The interaction effect including Time and Activity domains was also significant [$F(1,8) = 5.24; p = .05; \eta^2 = .025; \eta^2 = .16067$] and showed that the performance increase with time was higher on verbal communication than on the classroom routine domain for both children with ASD and ID. Importantly, the Group and Time factors interaction [$p = .05$] stated that the performance increase with time was significant for children with ASD ($p < .05$), whereas this is not obtained for children with ID ($p > .170$).

***Classroom Schedule+ usage in inclusive education classroom.*** *Hypothesis 1 :* Children with ASD reach an autonomous usage of *CS+* sooner than children with ID.
*Hypothesis 2 :* Activations reveal different *CS+* usages between children with ASD and

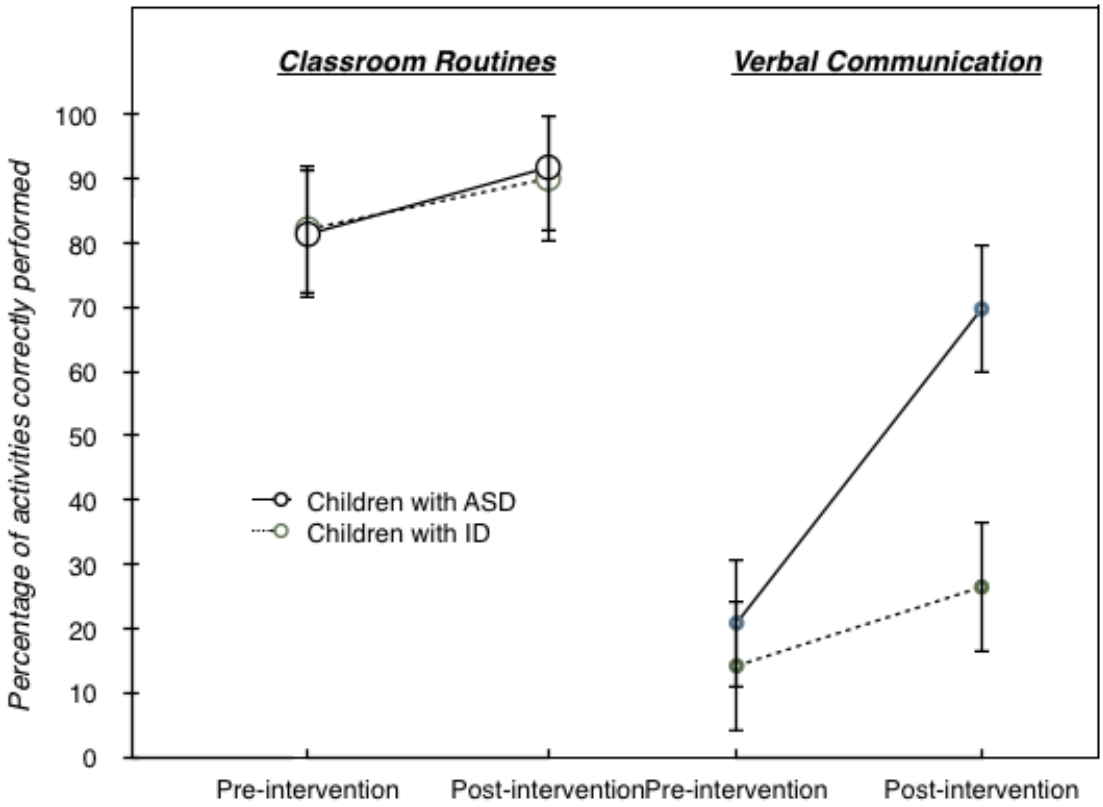



FIGURE 9.13 – Percentage of activities correctly performed on classroom, according to activity domain and group condition.

children with ID.

The results are as follow.

— Autonomous usage measure.
The time factor effect was significant [$F = 9.87; p < .005$] and the group factor was significant [$F = 6.00; p < .05$]. Results show a most autonomous usage of our application reached by the children with ASD after two months ($M_{after\ one\ month} = 0.20$; SD=0.44; $M_{after\ two\ months} = 0.80$; SD=0.44; $M_{after\ three\ months} = 1.00$; SD=0.00), whereas children with ID reached only partial autonomous usage of our application ($M_{after\ one\ month} = 0.00$; SD=0.00; $M_{after\ one\ month} = 0.20$; SD=0.44; $M_{after\ one\ month} = 0.60$; SD=0.44).

— For the number of routines activated.
The ANOVA revealed a tendency of time factor effect [$p = .06$], suggesting that the number of activated routines decreases with time. Also, despite of the interaction

effect (Time * Activity domain * Group) not reaching the significance ($p > .05$), the post-hoc comparisons indicated that the use of *CS+* did not differ significantly for classroom routines and verbal communication condition during the first month for both groups (children with ASD : $p > .900$; children with ID : $p > .700$), while its use for classroom routine domain was lower than for verbal communication domain during the third month period for children with ASD ($p < .05$) but not for children with ID ($p > .260$) (see Figure 9.14).

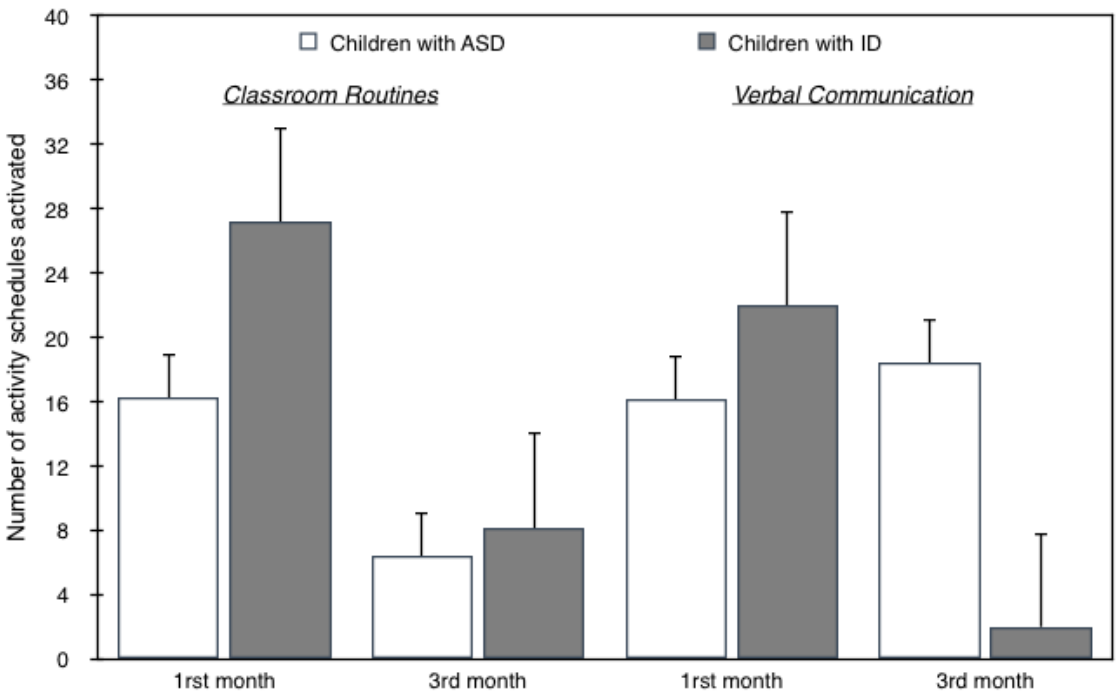



FIGURE 9.14 – Number of routines activated as a function of activity domains and intervention duration.

To the best of our knowledge, there is no study assessing a technology-based system for activity schedules to support children with ASD in mainstreamed school environments. Additionally, we found no study addressing the activity schedules with idiosyncratic contents to provide assistive support for first-time inclusion of ASD children in general education classrooms. The results presented here provide insights on these issues. Including children with another neurodevelopmental condition (*e.g.*, Intellectual Disabilities) enriched our results by suggesting which of our proposed design principles might be specific to children with ASD and which ones could apply to both populations.

### 9.3.6 Discussion

**CS+ for children with ASD**

***Efficient and autonomous use in mainstreamed environments.*** Our empirical results demonstrate that *CS+* provides children with ASD with a relevant task-management support in mainstreamed environments, such as a classroom. Importantly, the socio-adaptive routines in class were greatly enhanced for equipped children with ASD, despite the short intervention time (*i.e.,* only three months). We also observe high usability of our application (*i.e.,* independent use after the second month). The limited number of interaction steps within one activity schedule and the two navigation options (forward and backward) allow children to quickly and easily follow the critical steps of each routine. Experimental results suggest that interface organization, interaction duration, and idiosyncratic contents have played a key role in the adoption of our tool, while ensuring the child's effective presence in the classroom.

***Relevance of flexible visual supports for activity schedules in school settings.*** Interestingly, for all the children (whether or equipped), the pre-post progress was higher in the classroom routine domain (with nearly perfect execution) than in the verbal communication domain (≈ 70% correctly performed). A related result comes from the log data : we reported a decreased use of *CS+* over time for classroom routines contrasting with a high and constant use of *CS+* for verbal communication domain. This usage discrepancy is probably due to differences in socio-cognitive demands of the target tasks into the two domains. Specifically, the more a child becomes proficient in an activity domain, the more (s)he performs the domain-related tasks autonomously, and the less (s)he uses the corresponding contents of *CS+*. This means that the child is able to select the contents of *CS+* appropriately with respect to her own progress and needs : probably, classroom routines meet a child's needs related to the early stages of classroom inclusion, while verbal communication routines are persistent needs for the classroom life of children with ASD. Note that *CS+* is built as a learning and assistive device with flexible contents. As a result, when a routine is acquired by the child, stakeholders can create new adapted ones. This is possible thanks to the decoupling between the interface and the contents in *CS+*. Indeed, routines (texts, pictures and step numbers) can be changed while the interface skin remains the same, which is desirable for children with ASD [Hayes *et al.*, 2010 ; Hourcade *et al.*, 2013].

***Relevance of idiosyncratic and concrete contents for activity schedule in school settings.*** Both efficacy and autonomous usage of *CS+* may result from the superiority of idiosyncratic visual supports over general-purpose ones [Park *et al.*, 2012]. In light of the diversity and complexity of tasks having to be resolved in a school setting (*e.g.,* waiting at the door with classmates, waiting for an approval of the teacher, *etc.*), the use of self-modeled pictures provides illustrations of the particular child in the context of interest. This approach is

in favor of imitative behaviors [Cihak *et al.*, 2010]. Additionally, because this experiment includes children with IQs around 70, idiosyncratic visual supports probably contribute to matching their concrete reasoning abilities.

***Collaborative evaluation induces technology acceptance.*** The collaborative nature of our intervention allowed our tool to be pervasively accepted by all stakeholders of the child's mainstreamed environment. Teachers, especially, played a major role in facilitating the application usage inside their classroom. For instance, they encouraged children to use our application with sentences like "you should have a look at your tablet".

**CS+ for children with ID**

***A contrasted efficiency.*** Results indicate that the use of *CS+* by children with ID enhanced their autonomy on performing classroom routines in general inclusive classrooms. Children with ID exhibited the same benefits than children with ASD on this domain of activities. However, even if their autonomous use increased with time, the short intervention time did not allowed them to use our tool autonomously (60%). At the end of our study, two participants still relied on the school aide to initiate *CS+* usage. This result suggests that the cognitive cost of handling *CS+* is still higher after three months for children with ID, while it quickly decreases for children with ASD. This observation could be explained by differences between children with ASD [Morrison *et al.*, 2002] and children with ID [Bevill *et al.*, 2001] in terms of learning time. Consequently, children with ID may need a longer intervention (superior of three months) to reach an autonomous use.

***Assisting classroom routines : same benefits for both populations.*** We reported the same pattern of results for both populations when considering classroom routines. At the end of the intervention, participants performed nearly perfectly these routines, while decreasing their use of *CS+* over time. This result suggests that some of our design principles is suitable for both populations when assisting non-verbal routines in mainstream classrooms. Specifically, concrete and idiosyncratic pictures seem particularly appropriate, as they have been extensively and successfully used by children with ID to improve their autonomy [Anderson *et al.*, 1997 ; Copeland et Hughes, 2000 ; Carson *et al.*, 2008 ; Mechling, 2007 ; Spriggs *et al.*, 2007]. This also supports findings by which the schedule principles are relevant for both ASD and ID children [Koyama et Wang, 2011].

***Assisting verbal communication routines : limited relevance of CS+ for children with ID.*** Children with ID exhibited limited benefits on verbal communication routines, compared with children with ASD. Additionally, log data indicated a dramatic decrease of use at the end of the intervention. Children with ID can be discouraged by the limited enhancement of their performance, given the remained high-cognitive cost of handling *CS+* (still not autonomous with the tool after 3 months of use). Moreover, verbal communication tasks require

cognitive flexibility, which has been reported more impaired for children with ID, compared with children with ASD [Didden *et al.*, 2008; Peters-Scheffer *et al.*, 2013b]. These verbal functioning differences could explain the lesser benefits in children with ID compared with children with ASD. This observation challenges effectiveness of our design principles to assist verbal communication routines of children with ID in mainstream classrooms. Notably, excluding auditory or tactile prompts can be unfortunate design options for this population. Indeed, while multi-modal intervention (*i.e.,* visual, auditory or haptic feedbacks) is to be avoided for children with ASD [Mottron *et al.*, 2006], it has been demonstrated to be successful for prompting children with ID [Mechling, 2007]. Numerous studies implemented vocal instructions rather than written sentences, given the poor reading skills observed in this population. We did not considered auditory prompts to avoid stigmatization of using headphones inside the classroom and to promote reading skills. Our results suggest future studies should investigate alternative ways to provide more prompt modalities than only the visual ones, when supporting children with ID on verbal communication tasks.

***Deploying an assistive technology in mainstream environments : lessons learned.*** There are numerous constraints when addressing mainstream environments such as a school. In our case, it took some time to find an agreement with participating schools between their ground constraints and our scientific requirements. School staff wanted our intervention to be as short as possible because of their time constraints, potentially limiting our results, especially for children with ID. They also asked for the inclusion of all children of their special-education classroom in our inclusion process. Responding to this requirement brought us to adopt a design study (*i.e.,* Cross-Syndrome design) that could be of great value for researchers in the domain of accessible computing. Additionally, some teachers had some negative beliefs about tablets and gaming platforms for children education [Ertmer, 2005], and more particularly for children with ASD (*e.g.,* a tablet socially isolates the child). Finally, let us note that our experimental study had an overall positive outcome in the participating school with regard to inclusion : our intervention allowed some of the children previously identified as “not being able to be included in a mainstream classrooms” by the school staff showed spectacular improvements in their behavior and autonomy. This situation resulted in the increase of their time mainstream classrooms, as well as their inclusion in additional classes, for some of our participants.

### Insights from single-case analysis

In this section, we provide qualitative analysis of single-cases to enrich our results. Specifically, we examine the children who exhibited the highest and the lowest improvements over the time of the intervention; they are noted *Hi* and *Li* in the indices used below to refer to our single-cases. This work is done on each activity domain : Classroom Routine activities (Figure 9.15) and Verbal Communication activities (Figure 9.16). Overall, data from the performance of potentially 12 children is analyzed (3 child conditions × 2 activity domains

× 2 improvement patterns). Practically, for each group of children with ASD (*e.g.*, equipped or non-equipped), the child who exhibited the highest benefits on an activity domain also exhibited the highest benefits on the other activity domain, and conversely for the child with the lowest benefits (4 children). As for the children with ID, the same child exhibited the lowest benefits on both activity domains, but a different child exhibited the highest benefits for each activity domain (3 children). This method allows us to capture inter-individual variability within each group condition, as well as intra-individual variability within each activity domain.

Globally, as seen in Figure 9, examining the cases of the two children with ASD, not equipped with *CS+* (noted *NeASD*), reveals that the child $B_{NeASD_{Hi}}$ presents similar non-observable improvements on classroom routine activities compared to $B_{NeASD_{Li}}$. In contrast, on the verbal communication domain, the child $B'_{NeASD_{Hi}}$ exhibits high improvements com-

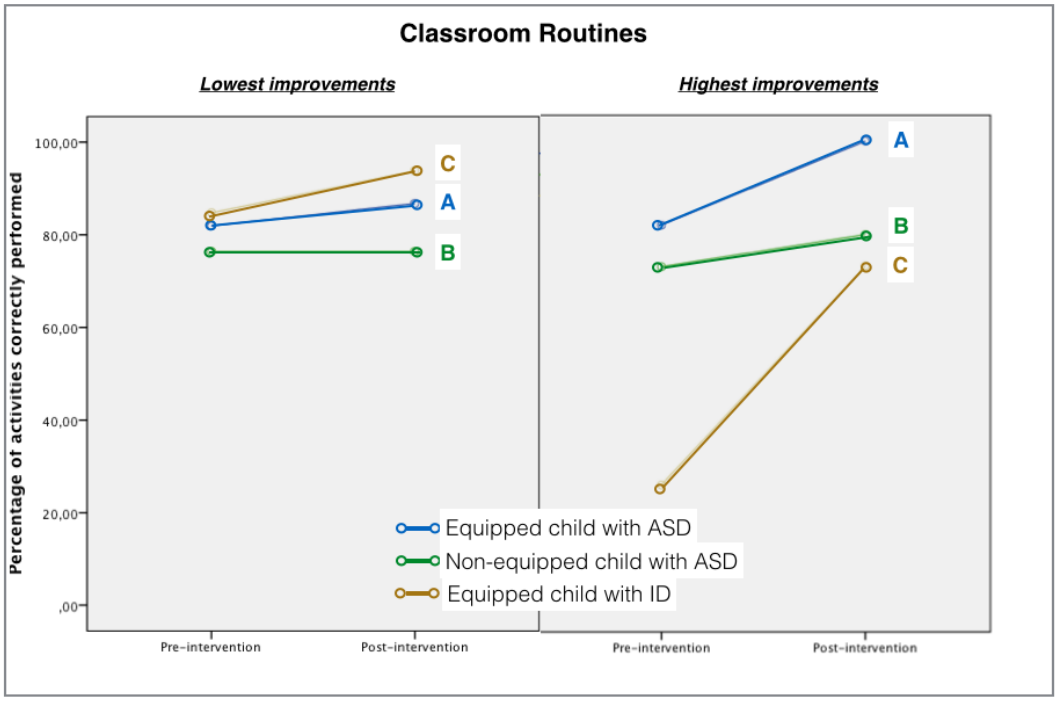



FIGURE 9.15 – Percentage of activities correctly performed in the classroom by the child of each group exhibiting the lowest and highest improvements on the Classroom Routine domain.

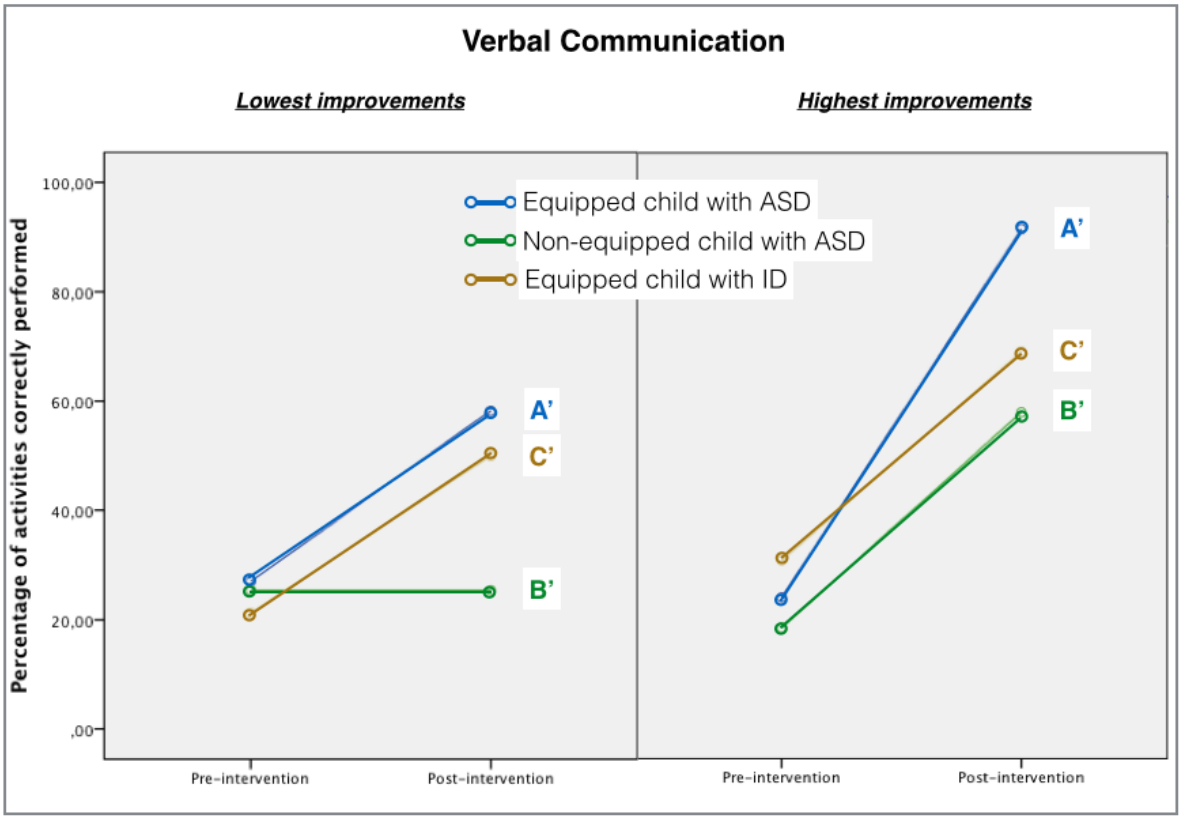



FIGURE 9.16 – Percentage of activities correctly performed on classroom for the child of each group exhibiting the lowest and highest improvements on the Verbal Communication domain.

pared to $B'_{NeASD_{Li}}$ (see Figure 9.16). Such results stress the inter-individual variability in the dynamic of developmental trajectory within the spectrum of ASD. Indeed, it is well-known that the developmental dynamic in the spectrum of autism is extremely heterogeneous. Specifically, the magnitude of developmental progress is non-linear with leaps and bounds for some children, especially those in the middle/low range of the spectrum. This profile corresponds to the children recruited for our study; they contrast with higher-functioning children described in the pediatric literature [Stichter *et al.*, 2012].

Regarding the four single-cases of equipped children with ASD (noted *eASD*), the child $A_{eASD_{Hi}}$ strongly enhances his performance on classroom routine activities compared to the child $A_{eASD_{Li}}$ (see Figure 9.15). In other words, the slope of improvements is different across children. For the verbal communication activities, great improvements are observed for both the child $A'_{eASD_{Hi}}$, and the child $A'_{eASD_{Li}}$. However, the slope of improvements is dramatically different between these two children (see Figure 9.16). The child $A'_{eASD_{Hi}}$ dramatically increased performance in both activity domains at the end of the intervention.

Finally, compared with non-equipped children with ASD, the inter-individual variability is observed among equipped children with ASD for the two activity domains. In other words, this observation means that *CS+* intervention exacerbates the inter-individual variability. This situation aligns itself with some studies that advocate the flexibility and evolutivity of assistive devices to meet the developmental changes of children with ASD [Hayes *et al.*, 2010 ; Mechling, 2007].

Regarding equipped children with ID, the four children exhibit different improvement slopes on classroom routines activities while they are homogeneous for verbal communication. Indeed, these improvements are moderate for lowest improvements on classroom routine activities, while the child with ID exhibiting highest improvements dramatically increase his performance (see Figure 9.15). On the opposite, improvements are homogeneous and greater for verbal communication activities (see Figure 9.16).

Analyzing the cognitive profiles of these 7 children give insights to better understand their different needs in terms of assistive technologies in mainstream classrooms (see Table 9.3).

First, children with ASD seem to have homogeneous profiles across activity domains (same child exhibits the lowest – or the highest – benefits on both activity domains), whereas children with ID present more intra-individual variability (different children exhibit lowest or highest benefits, depending on a given activity domain). Second, we can observe two main results with the three studied variables : 1) Age variable does not seem to have any influence on benefits from using *CS+*, regardless of the benefits profile (*i.e.,* lowest or highest benefits) ; 2) the two children with ASD – whether or not equipped – exhibiting the highest improvements have relatively low SRS scores, compared with children with ASD exhibiting the lowest improvements ; 3) for children with ID, presenting relatively low IQs, the highest benefits are obtained by children with higher SRS score. These results support different recommandations of *CS+* for mainstream inclusion of these two populations : children with ASD with relatively low SRS scores (*i.e.,* children with better social response) and children with ID with relatively high SRS scores (*i.e.,* with the poorest social response). However, we only measured social response through SRS questionnaire to assess sociocognitive profile of the participants. Obviously, an enrichment of child's profile with more clinical and psychometric measures would give more insights on our single-case analysis.

Overall these single-case analyses stress the inter-individual variability within ASD, and between ASD and ID. This situation should prompt the research community to be cautious when generalizing the efficacy of a given assistive technology. This concern is addressed by clinical studies that promote longitudinal analyses within single-case design to better capture the developmental trajectory specific to each child [Ganz *et al.*, 2012 ; Wang *et al.*, 2013]. In other words, the high inter-individual variability within ASD seems to call for a longitudinal assessment of technology-based interventions within several single-cases. Obviously, such experimental design is time-consuming but would provide strong insights concerning the therapeutic impact of technologies in the context of children in the ASD.

| | Lowest Benefits | | Highest Benefits | |
|---|---|---|---|---|
| | Classroom Routines | Verbal Communication | Classroom Routines | Verbal Communication |
| Equipped ASD | *Age :* 15.42<br>*IQ :* 109<br>*SRS :* 64 | *Age :* 15.42<br>*IQ :* 109<br>*SRS :* 64 | *Age :* 13.92<br>*IQ :* 106<br>*SRS :* 54 | *Age :* 13.90<br>*IQ :* 106<br>*SRS :* 54 |
| Non-Equipped ASD | *Age :* 13.17<br>*IQ :* 40<br>*SRS :* 101 | *Age :* 13.17<br>*IQ :* 40<br>*SRS :* 101 | *Age :* 11.5<br>*IQ :* 89<br>*SRS :* 84 | *Age :* 11.5<br>*IQ :* 89<br>*SRS :* 84 |
| Equipped ID | *Age :* 15<br>*IQ :* 38<br>*SRS :* 66 | *Age :* 15<br>*IQ :* 38<br>*SRS :* 66 | *Age :* 13.5<br>*IQ :* 35<br>*SRS :* 88 | *Age :* 15.67<br>*IQ :* 66<br>*SRS :* 74 |

Tableau 9.3 – Cognitive profiles of children from single-case analysis.

**Limitations and Future Work**

Regarding the participating children, their number did not reach a sufficient sample size for statistically conclusive results, even though the use of non-parametric statistical tests has been respected and single-case analyses were reported. Also, the participating children did not cover the spectrum of intellectual functioning. Consequently, it remains to be shown that our results carry over to children with ASD that are on the higher end of the spectrum of intellectual functioning.

Moreover, all school aides participating to this field-study received precise instructions regarding the way they supported children when they used *CS+* : when they have to trigger it, how they let children autonomously choose and use appropriate routines, being less intrusive across intervention time, *etc.*. We believe results we report in this paper would have been less encouraging without applying these instructions rigorously, despite the short intervention time. This observation should be considered for further studies in mainstream environments.

To further explore our research avenue, an interesting direction would be to add new routines to cover as many aspects of task-management as possible, broadening the support of children (with ASD or ID) in mainstreamed school settings. For instance, applications designed to manage tasks may be helpful for self-initiating adaptive behaviors in other school settings (such as school cafeteria, school playground, school bus, *etc.*). Additionally,

future work for children with ID should consider implementing multi-modal solutions for assisting verbal communication in mainstream classrooms.

### 9.3.7 Conclusion

This paper presents a tablet-based application (*Classroom Schedule+*) supporting task-management skills of children with ASD in mainstreamed environments. This application has been used by five children with ASD from special-education classrooms during their inclusion in secondary school classes. To be inclusive in our experimental study, we enrolled the other children of the special-education classrooms, namely, five children with ID; they also used our application and were included in mainstream classes.

All children with ASD successfully adopted our application, whereas children with ID did not reach an autonomous use. The two groups (with ASD and ID) exhibited different patterns of benefits. Children with ASD largely increased their socio-adaptive behaviors on both classroom and verbal communication domains, while children with ID improved only on non-verbal classroom routines. With a participatory design approach, we identified activities that needed support for the inclusion of children with ASD, and we defined design principles that allowed *Classroom Schedule+* to be infused in a mainstreamed environment. Including children with ID in our study gave us insights on the applicability of our design principles for activity schedules. We plan to expand this work by introducing applications that address a wider spectrum of the needs of children (with ASD and ID) for their inclusion in mainstreamed settings.

***Acknowledgements.*** The authors would like to thank the children, their families, and schools staff who participated in this study. They would also like to thank the French Ministry of Education and the Orange Fondation for their active support of this work.

### 9.3.8 Appendix

| | Time | Activity domain | Time x Group | Activity domain x Group | Time x Activity Activity domain | Time x Activity domain x Group |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Percentage of activities correctly performed** | F(1,8)=32.49<br>p<.001<br>$\eta^2$=.802 | F(1,8)=62.75<br>p<.001<br>$\eta^2$=.887 | F(1,8)=8.30<br>p=.021<br>$\eta^2$=.509 | F(1,8)=1.41<br>p>.200<br>$\eta^2$=.150 | F(1,8)=14.47<br>p<.005<br>$\eta^2$=.644 | F(1,8)=1.53<br>p>.200<br>$\eta^2$=.161 |
| **Number of routines activated** | F(1,4)=12.26<br>p=.025<br>$\eta^2$=.754 | F(1,4)=.28<br>p>.600<br>$\eta^2$=.066 | | | F(1,4)=3.37<br>p>.100<br>$\eta^2$=.457 | |

Tableau 9.4 – Three-way mixed ANOVA [2(Time) * 4(Activations) * 2(Group)] analysis for Emotions and Levels activations : Equipped ASD vs. Non-equipped ASD.

| | Time | Activity domain | Time x Group | Activity domain x Group | Time x Activity Activity domain | Time x Activity domain x Group |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Percentage of activities correctly performed** | F(1,8)=20.13<br>p<.002<br>$\eta^2$=.716 | F(1,8)=89.19<br>p<.001<br>$\eta^2$=.918 | F(1,8)=4.87<br>p=.058<br>$\eta^2$=.379 | F(1,8)=4.55<br>p=.066<br>$\eta^2$=.362 | F(1,8)=5.24<br>p=.051<br>$\eta^2$=.396 | F(1,8)=3.34<br>p>.100<br>$\eta^2$=.294 |
| **Number of routines activated** | F(1,8)=4.45<br>p=.068<br>$\eta^2$=.357 | F(1,8)=.001<br>p>.900<br>$\eta^2$<.001 | F(1,8)=2.01<br>p>.100<br>$\eta^2$=.201 | F(1,8)=1.75<br>p>.900<br>$\eta^2$=.179 | F(1,8)=.71<br>p>.400<br>$\eta^2$=.082 | F(1,8)=.99<br>p>.300<br>$\eta^2$=.111 |

Tableau 9.5 – Three-way mixed ANOVA [2(Time) * 4(Activations) * 2(Group)] analysis for Emotions and Levels activations : Equipped ASD vs. Equipped ID.

## 9.4 Étude 2 : Conception et validation d'une application d'assistance à la régulation émotionnelle des enfants avec TSA en classe ordinaire

les résultats préliminaires de cette étude ont été publié dans la newsletter SIGACCESS, sur demande de l'éditeur. Cet article présente la version finale de ce travail, impliquant l'ensemble des participants. Il a été soumis au Journal Computer and Human Behaviors.

***Title.*** An Emotion Regulation App for School Inclusion of Children with ASD : Design Principles and Evaluation

***Authors.*** Charles Fage, Charles Consel, Kattalin Etchegoyhen, Anouck Amestoy, Manuel Bouvard, Hélène Sauzéon

***Keywords.*** Autism ; Intellectual Disabilities ; Tablet application ; Participatory design ; educative inclusion in mainstreamed environments ; emotion regulation intervention

***Abstract.*** The inclusion of children with Autism Spectrum Disorders (ASD) in mainstreamed environments is critically impeded by their difficulties in self-regulating their emotions.

This paper presents the design and evaluation of a tablet-based application dedicated to supporting children with ASD in self-regulating their emotions in mainstream inclusive classrooms. This system relies on well-proven (paper-based) emotion-regulation interventions, made by therapists and parents. To identifying both the design principles and mainstreamed-environment constraints, we adopted a participatory design involving families, school staffs and therapists.

14 children with ASD (as well as 19 children with Intellectual Disabilities) have used our system during three months in mainstreamed schools. We compared these two groups with another group of 15 children with ASD who were not equipped with our application. Usability performance as well as efficacy performance (emotion-regulation outcomes) have been investigated *in situ*. We showed that 1) our system is autonomously and successfully used in mainstreamed classrooms, 2) it is also an efficient support for children with ASD to self-regulate their emotions and 3) it has a rehabilitation effect on children with ASD and with ID leading them to develop self-regulation skills.

Results and implications for designing such assistive technological support for inclusion in mainstream environments of children with ASD and children with ID are discussed.

### 9.4.1 Introduction

School inclusion of children with Autism Spectrum Disorders (ASD) is often hampered because they struggle to manage emotions and maintain control of behaviors [Jahromi *et al.*, 2013 ; Konstantareas et Stewart, 2006]. Such skills are known as emotion self-regulation, and they appear to be limited among children with ASD [Baron-Cohen, 2001 ; Frith et Frith, 2003 ; Rieffe *et al.*, 2011]. Self-regulation is defined as the executive functioning-based ability to adapt one's affective or behavioral responses to socio-environmental contexts [Blair et Diamond, 2008 ; Jahromi *et al.*, 2013]. Children that possess these skills have been shown to engage in school activities and have increased academic competence [Eisenberg *et al.*, 2010 ; Ursache *et al.*, 2012 ; Valiente *et al.*, 2012].

Among successful approaches, two main approaches are used to develop emotion self-regulation, known as Emotion-Regulation Intervention (ERI). The first approach relies on well-proven, paper-based, intervention methods to help individuals recognize their emotions [MacNeil *et al.*, 2009]. For an individual, recognizing their own emotional states is a fundamental cognitive ability for self-regulation [Izard *et al.*, 2001]. These interventions are conducted by therapists in their office, not in mainstreamed environments, limiting their impact in daily life [Bellini *et al.*, 2007]. In the second approach, parents develop practical and efficient coping strategies that they provide to their child with personalized support (*e.g.,* favorite pictures) [Gulsrud *et al.*, 2010]. However, this co-regulation requires the presence of a parent [Gulsrud *et al.*, 2010].

These two approaches rely on paper-based supports and/or the presence of a parent. Assistive technologies have already been successfully used to overcome such constraints [Ploog *et al.*, 2013]. Specifically, research has been conducted on children with ASD using interactive technologies to improve their ability to recognize emotions [Golan et Baron-Cohen, 2006 ; Hopkins *et al.*, 2011 ; Williams *et al.*, 2012].

However, bringing ERI to mainstreamed environments raises difficulties since children will shift from one classroom to another during their inclusion in school. Such solutions, implemented on desktop computer, cannot fulfill this pervasive need. Touchscreen tablets can be used on-the-go. These devices are already used as portable gaming platforms in mainstreamed environments, making them a non-stigmatizing mobile support.

Researchers are already investigating the potential of tablet-based devices to support children with ASD (for a review, see [Mechling, 2007]). Hourcade *et al.* propose a set of tablet-based applications in an after-school program to encourage children with ASD develop social interaction [Hourcade *et al.*, 2013]. Hirano *et al.* developed vSked, a tablet-based tool dedicated to supporting children to manage tasks in a special education classroom [Hirano *et al.*, 2010]. Other computer-based intervention tools aim to support inclusion of children with ASD in mainstreamed environments. For example, Escobedo *et al.* provide a smartphone-based tool for practicing social skills during lunch breaks, using an augmented reality approach [Escobedo *et al.*, 2012]. Gentry *et al.* introduce a task manager, hosted by a smartphone, used by young adults with ASD, studying at the university [Gentry *et al.*, 2010].

To the best of our knowledge, there is no study assessing a technological support for an ERI that supports children with ASD in mainstreamed environments. Our work explores this direction further by delivering an ERI anytime and anywhere it is needed, to support mainstream inclusion.

#### Aim of the paper

This paper presents a tablet-based application that realizes an ERI by leveraging both paper-based and parent-regulation strategies [Gagné, 2010 ; Gulsrud *et al.*, 2010 ; Read et MacFarlane, 2006]. This application allows a child with ASD to autonomously recognize and manage its emotions inside the classroom. It has been developed using a participatory design approach, involving stakeholders in the design process. Students with ASD used this application in mainstreamed classrooms. Our experimental study compared behaviors of equipped students with ASD to equipped children with Intellectual Disabilities (ID) and to non-equipped children with ASD.

### 9.4.2 Related Work

#### Emotion Self-Regulation in ASD

For an individual, recognizing their own emotional states is a fundamental cognitive ability for self-regulation [Izard *et al.*, 2001]. They are related to the Theory of Mind (ToM) [Baron-Cohen, 2001]. The ToM broadly refers to the ability of a person to attribute mental states to themselves and others, and to infer the behavior of others based on their mental states. Two levels of ToM functioning are distinguished : the person's own mental state and the mental states of others [Baron-Cohen, 2001]. The two levels of ToM are impaired in children with ASD [Baron-Cohen, 2001], leading to difficulties to self-regulate adequately their own emotional states [Moriguchi *et al.*, 2006 ; Rieffe *et al.*, 2011 ; Samson *et al.*, 2012]. These impairments can be measured with neuropsychological indicators. For instance, the Level of Emotional Awareness Scale for Children (LEAS-C [Bajgar *et al.*, 2005]) measures emotional awareness through short evocative interpersonal scenarios explained to the respondent, who has to verbally describe their potential mental state. By considering both self and other's mental states, this test provides a measure of skills related to both levels of ToM in school settings. For another example, emotional Word Fluency test [Greenberg *et al.*, 1995] assesses the ability for an individual to express his internal emotional states in language by measuring the access to an emotion lexicon (by producing all the words designating an emotional state). This ability is directly linked to the first level of ToM, allowing someone to self-regulate his emotions.

Impairments of self-regulating skills can lead to a range of socially inappropriate and stigmatizing behaviors that can result in limitations of social participation [Jones *et al.*, 1990 ; Samson *et al.*, 2014]. Such behaviors range from hand-flapping, to body rocking, to

throwing or breaking objects [Jones *et al.*, 1990]. Multiple tools have been developed to assess these inappropriate behaviors, such as the Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS) [Hus *et al.*, 2014] or the Social Responsiveness Scale (SRS)[Constantino *et al.*, 2003]. The SRS provides a quantitative score for social impairment in a natural setting. As well, it offers specific measures of a person's level of autistic mannerisms, identified as being triggered by failures in self-regulation.

Such difficulties are exacerbated in mainstreamed environments where socio-environmental information is complex, unpredictable and difficult to interpret, especially for individuals with little exposure to such environments [Jackson, 2008 ; Rodgers *et al.*, 2012].

**Emotion Regulation Intervention (ERI) in ASD**

A key principle of ERI is that emotion regulation requires "extrinsic and intrinsic processes responsible for monitoring, evaluating, and modifying emotional reactions" [Konstantareas et Stewart, 2006]. An *Intrinsic process* refers to the indivisual's own abilities to self-regulate his emotions. In contrast, an *extrinsec process* refers to an indivdual's abilities to request help from an another individual (*i.e.,* a stakeholder) to co-regulate his emotions. In this section, the notions of Emotion Regulation Intervention (ERI) and co-regulation are presented prior to discussing how an ERI can be conducted.

***ERI models promoting a collaborative approach.*** ERI models, such as the SCERTS model [Prizant *et al.*, 2003], Cognitive Behavior Therapy [Sofronoff *et al.*, 2005] or the PATHS Curriculum [Greenberg *et al.*, 1995] give principles on how an ERI must be conducted. These models promote a collaborative approach where formal and informal stakeholders conduct the ERI, allowing both self and co-regulation strategies.

***ERI promoting self-regulation.*** ERI covers emotion regulation strategies for coping with overwhelming emotions. Emotion self-regulation has not been a specific topic of interventions for children with ASD, but is embedded in many intervention techniques [Gulsrud *et al.*, 2010]. Many visual supports have been used to help children with ASD on how to effectively recognize their emotions ; the ones most widely used are emotion emoticones [MacNeil *et al.*, 2009 ; Park *et al.*, 2012] and thermometer-like emotion scales [Gagné, 2010]. These paper-based visual supports help children identify their own emotions, and are associated to general self-regulation strategies (*e.g.,* respiratory relaxation).

***ERI promoting co-regulation.*** In practice, co-regulation strategies (redirection, prompting, reassurance, emotional following) are extensively used by parents (the co-regulator) of children with ASD. Their effectiveness to reduce the number of distress episodes and the intensity of expressions were demonstrated, whether emotions are negative or positive [Kasari *et al.*, 1988]. The result of an effective co-regulation strategy is that a parent is able to

redirect their child's attention away from a source of distress and to reengage them in an ongoing activity [Gulsrud *et al.*, 2010]. However, this successful co-regulation requires the presence of the parent; this requirement is not realistic in mainstreamed environments. The goal should then be to make these parent-based regulation strategies pervasively available in mainstreamed environments, such as school.

Despite the existing literature on ERI, bringing such interventions pervasively to mainstreamed environments is an open challenge. Indeed, therapists and parents cannot accompany children everywhere to provide them with co-regulation support. Furthermore, a paper-based solution is a bulky and stigmatizing support, impeding mainstream inclusion [Hayes *et al.*, 2010].

**Introducing an assistive technology in special-education classrooms**

Special-education classroom often gathers students with various conditions (mostly children with ASD and children with non-specific ID) [Duncan *et al.*, 2014]. When introducing an assistive technology in special-education classroom, researchers often include both populations in their field studies [Mechling, 2007].

From a methodological standpoint, including two different populations in the validation of an intervention enriches the results of a study. Such experimental design is called Cross-Syndrome design [Sigman et Ruskin, 1999]. It is suited to demonstrate specific intervention effects in a target population, while matching participants on their individual factors, namely the age, the intellectual functioning, and the educational environment. According to Sigman and Ruskin, if syndrome group A and contrast group B are matched on chronological age and intellectual functioning, but the mean of group A on an intervention effect is significantly higher than the mean of group B, then group A is considered to exhibit a specific benefit of the intervention. A benefit (or pattern of benefit) is considered unique to syndrome A if it is evidenced only by individuals who have this syndrome. Another advantage of the Cross-Syndrome design is that it allows single-blind evaluations of the participants : the evaluator does not know in which group the child will be until neuro-pediatricians delivered their diagnosis, at the data analysis step. This process ensures all participants are evaluated in the exact same way, regardless of their condition.

Self-regulation skills are crucial for children with ID when they transition to mainstream inclusion [McIntyre *et al.*, 2006], as they are for children with ASD. Indeed, the same metacognitive skills are needed for intellectual success and managing one's emotional state [Jacobson *et al.*, 2007]. As reported by McClure *et al.*, most studies on emotion regulation in children with ID address emotion recognition (*i.e.*, the first step of self-regulation) [McClure *et al.*, 2009]. These studies report children with ID can actually identify their own emotions equally compared to children without ID [Lindsay *et al.*, 2004 ; Rose et West, 1999]. However, children with ID exhibit difficulties to adopt successful coping strategies (*i.e.*, the second step of self-regulation). They engage in coping behaviors less [Jahromi *et al.*, 2008], and seem to rely on "limited repertoire of coping strategies when emotionally aroused" than

typical children [Benson et Fuchs, 1999; Jahromi *et al.*, 2008]. Consequently, even if children with ID exhibit better self-emotion recognition skills than children with ASD, they can also benefit from being supported by ERI, such as PATHS Curriculum [Kam *et al.*, 2004].

While studies assessed assistive technologies in school context for children with ID [Davies *et al.*, 2002; Lancioni *et al.*, 2000], we did not find any article in the literature presenting a technology-based ERI support for children with ID. As a result, we included such a group in our field study. The inclusion of a group of children with ID provided some insights on the relevance of sensible inclusive design for developing technological support to address mainstreamed environments [Newell et Gregor, 2000].

Albeit children with ID lack self-regulation skills (coping strategies), children with ASD seem to face even greater difficulties for self-regulating their emotions (both emotion recognition and coping strategies). Moreover, according to Fombonne, between 50% and 70% of children with ASD also have intellectual disabilities [Fombonne, 2003]. Consequently, we assumed that focusing on children with ASD for designing our assistive tool would also benefit children with ID; as the saying goes, "if you can move mountains you can move molehills". Hence we considered general principles to develop interactive technologies for children with ASD and adopted a participatory design approach to developing such an assistive tool.

#### General principles to develop interactive technologies for children with ASD

Previous research on designing interactive technologies for children with ASD recommend simplicity, predictability, and clear mappings between actions [Hayes *et al.*, 2010; Hourcade *et al.*, 2013; Keay-Bright et Howarth, 2012]. Existing intervention approaches should use visual supports [Hayes *et al.*, 2010; Hirano *et al.*, 2010; Hourcade *et al.*, 2013] since individuals with ASD tend to process visual information more effectively than auditory information [Charbonneau *et al.*, 2013].

Since Autism is considered as a spectrum, the severity of the difficulties encountered is highly variable between children. Assistive technologies must be flexible enough to support each child uniquely, at a given time and as they develop [Hayes *et al.*, 2010].

Distractive stimuli should be avoided. Consequently, the technologies should be mistake-free to reduce frustration (*e.g.,* no error messages, no wrong answers) [Hourcade *et al.*, 2013].

These well-known general principles apply equally when designing technologies for children with ID [Dawe, 2006; Stephenson et Limbrick, 2013; Wehmeyer *et al.*, 2004]. They facilitate the usefulness and usability of the interactive technologies for children [Hayes *et al.*, 2010; Hirano *et al.*, 2010; Hourcade *et al.*, 2013; Mechling, 2007]. However, albeit these principles ensure technologies to be effective and usable in special education classrooms, they do not go far enough to ensure the same results in mainstreamed classrooms. Indeed, these environments consist of a variety of people, often unaware of the specificities and needs of children with ASD. Participatory design is an approach that enables a range of people to be involved in the design process of an assistive technology.

### 9.4.3 Participatory Design

Participatory design involves end-users and stakeholders to identify needs and constraints. It has been extensively used in the design of technology for children with ASD [Benton *et al.*, 2012 ; Frauenberger *et al.*, 2011 ; Keay-Bright, 2007] and for children with ID [Frauenberger *et al.*, 2011 ; Fohlin, 2013].

We used participatory design to identify usage requirements and usage scenarios of ERI in a particular mainstreamed environment : the classroom. We then proposed principles to implement ERI on a tablet-based support.

We met with 30 families, 10 teachers, 3 special-education teachers, 5 school aides and 3 psychotherapists. Special-education teachers and school aides had more than 5 years of experience with children with ASD ; teachers had previously included some of children with ASD in their classroom. We mostly held meetings at school ; sessions lasted about 2 hours. Our project was presented, as well as our participatory design. Each participant was asked the requirements for an ERI inside the classroom from their point of vue. We then grouped propositions that were close. We also developed usage scenarios of an ERI support inside the classroom, to guide the formulation of design principles for such a support.

#### Classroom Usage Requirements

Thanks to our participatory design, we first identified classroom usage requirements, to ensure our ERI support will fit this environment.

***ERI must require short-term usage (3 minutes).*** The first constraint is related to the classroom instructional flow, which is critical for some children, especially with ASD. School staff was unanimous on the fact that the intervention had to be as short as possible, to prevent the child from losing track of what is going on in the classroom.

To account for this constraint, we chose to limit the number of steps of the intervention, as well as the amount of visual materials displayed. For example, the number of words/emoticons pairs and the amount of visual materials (used as co-regulation tools) are limited to a few pictures, short videos, *etc.* These limitations are consistent with therapists' recommendations to adapt to the cognitive characteristics of children with ASD [Hayes *et al.*, 2010] and to deliver suitable interfaces [Park *et al.*, 2012]. Moreover, they are also consistent for children with ID, who have little cognitive ressource to sustain their attention or to engage in multiple-step activities [Danielsson *et al.*, 2012 ; Snow, 1992].

***ERI must not use the auditory channel.*** Audio materials were excluded to conduct the intervention inside the classroom. Although headphones could be used, this would induce sensory exclusion from the classroom and stigmatization. Nevertheless, because our application could be used in other environments than the classroom, (*e.g.,* home), we decided that materials could optionally include audio.

***ERI must promote reading skills.*** Even if developing reading skills is not the purpose of ERI, this competence is pervasively needed in the school setting. Consequently, developing this skill in any activity in this setting fits the school learning objectives.

Researchers have long been studying the reading skills of children with ID and their limitations [Basil et Reyes, 2003 ; Jenkinson, 1989]. To cope with these limitations, the school staff suggested the use of visual double-coding (*i.e.,* pictorial and textual) to support every interaction item of our application.

After identifying usage requirements, our participatory design led us to identify usage scenarios of our ERI technology inside the classroom.

**Classroom Usage Scenarios**

We explored use cases where our tool could/should be used inside the classroom. This work allowed to define the role of the stakeholders during each use case of our tool, reassuring both school staff and families. Three main cases were identified, they are presented below.

***1) Systematic usage at the beginning of the class.*** School staff, and notably the school aides, reported that children with ASD experienced overwhelming emotions when entering the classroom. Consequently the school aides proposed the ERI to the children with ASD after they sat, and guided them through the ERI. Once this was done, they invited the child to follow the class.

***2) Adult-initiated usage.*** The school aide, possibly the teacher, launches the ERI when she notices an emotional change during the class. The child is then invited to use our tool and to return to the ongoing task, once the ERI steps are completed.

***3) Student-initiated usage.*** The student spontaneously launches the ERI when overwhelmed by emotions. The school aide or the teacher may supervise the use of the ERI if the student needs help or if its usage lasts too long. Otherwise the child uses our tool autonomously.

To systematize the tool usage, the child was encouraged to use it at home. Adoption was also reinforced by the parents who invited their child to the ERI tool whenever emotions were overwhelming.

By adopting a participatory design, we were able to identify the pitfalls and drivers for the adoption of our application. Additionally, this approach turned out to be instrumental in allowing the application to be collaboratively promoted. The next section presents the design principles for the ERI to be implemented on a technological support.

### 9.4.4 Design Principles

We propose seven principles for ERI that leverage and combine concepts and strategies discussed in the literature. These principles were presented to families, school staff and therapists to ensure they matched the constraints and uses we discussed earlier.

***Step-based regulation strategy.*** Step-based strategies are widely used with children with ASD to conduct activities. They render the environment predictable and safe, and they are known to reduce anxiety for this population [Gagné, 2010 ; Hayes *et al.*, 2010 ; Hirano *et al.*, 2010]. Such strategy is also suited for children with ID who lack problem-solving skills [Goharpey *et al.*, 2013 ; Danielsson *et al.*, 2012]. Specifically, ERI are conducted through two major steps : 1) emotion identification and 2) regulation strategy.

> *Principle 1.* Regulation strategies are to be delivered in a step-based navigation fashion.

***Emotion identification and naming.*** Many ERI focus on helping children identify their emotions and correctly naming them [MacNeil *et al.*, 2009 ; Prizant *et al.*, 2003]. The procedure consists to provide the children with word-emoticon pairs of basic emotions, such as anger, fear, sadness and joy [Read et MacFarlane, 2006]. To address the time constraint of mainstreamed environments and to ease the ToM processes involved, a limited set of word-emoticon pairs should be displayed.

> *Principle 2.* For emotion identification, a limited set of word-emoticon pairs are to be displayed and the user is to be prompted to select one pair.

***Coping strategies through idiosyncratic parental support.*** Parents develop coping strategies based on co-regulation that often rely on idiosyncratic visual support. In practice, idiosyncratic support gathers personal pictures and objects specific to each child. In fact, ERI models are consistent with this approach [MacNeil *et al.*, 2009 ; Prizant *et al.*, 2003] : they promote families to select/build idiosyncratic support (*i.e.,* specific to a person), which ensures the endorsement of such support by the child. The material used by parents have demonstrated their efficacy in practice ; they include the favorite objects of the child, direct instructions with appropriate words, stereotyped activities, *etc.* [Gulsrud *et al.*, 2010].

> *Principle 3.* Coping strategies by co-regulation are to be developed with idiosyncratic parental support, involving visual media to increase their endorsement by the child.

***Emotional intensity level rating.*** When conducting an ERI, the coping strategy to be used is determined by the emotional intensity. Thermometer-like, paper-based tools are widely used to rate the intensity of the emotion [Gagné, 2010 ; Sofronoff *et al.*, 2005].

*Principle 4.* A thermometer-like mechanism is to be used to allow the user to select the intensity of their emotion.

***Coping strategies adapted to the emotional intensity.*** Parents have reported that they usually use the same coping strategies for both positive and negative emotions. The factor that drives their choice of a particular strategy is the level of emotional intensity rather than its type [Gulsrud *et al.*, 2010].

*Principle 5.* The emotional intensity level is to drive the selection of a coping strategy, not the type of emotion.

***A different type of media for each emotional intensity level.*** Parents adapt their coping strategies with respect to the intensity level of the emotion. This approach is consistent with most ERIs [Prizant *et al.*, 2003]. A low-emotional intensity level can be addressed with relaxing instructions. However, motor activity, such as walking around the house before going to school, is required to cope with a high-emotional intensity level.

*Principle 6.* The effect of the media contents on the child has to match the intensity level of their emotions (*e.g.,* non-idiosyncratic photos, idiosyncratic photos and videos).

***A unique tool for cross-population needs.*** Designing a unique tool eases the work of stakeholders in school settings. It allows them to use their knowledge of the tool across populations of children with various conditions. Moreover, using the same tool reduces the stigmatizing effects among children with different levels of difficulties on the same functional domain. This approach has been developed under the name of "Design for All" approach, and the design of such an object should rely on its principles [Clarkson *et al.*, 2013].

*Principle 7.* A unique tool is to be designed for children with different conditions who share same functional needs.

The next section presents how we implemented our design principles by describing our ERI application.

### 9.4.5 Application Description

In this section, our design principles are implemented in a tablet-based application, fitting the classroom usage requirements and the classroom usage scenarios. The platform and the interface are described.

### Platform

We selected a touchscreen tablet to run our application. This platform enables rich visual supports and allows the application to be used in any environment. Furthermore, tablets do not carry any stigma, as discussed earlier. Their effectiveness to support intervention has already been demonstrated in the context of children with ASD [Escobedo *et al.*, 2012; Hirano *et al.*, 2010; Hourcade *et al.*, 2013].

### Interface Description : Two-Step Intervention

As suggested by ERI models [Prizant *et al.*, 2003; Sofronoff *et al.*, 2005], our intervention is structured into two steps (Principle 1) : 1) emotion identification and 2) co-regulation strategies.

***Step 1 : Emotion identification.*** First, the child is invited to identify its emotion by clicking on emoticons (Principle 2). The number of available emotions has been voluntarily reduced to meet the teachers' requirements. Note that positive and negative emotions have not been separated, as children with ASD can be overwhelmed by any emotion [Kasari *et al.*, 1988] (see Figure 9.17).

Then the child selects a level of emotional intensity (Principle 4) via a thermometer with a scale from 1 to 4, as advised by Gagné *et al.* [Gagné, 2010]. The selection of an intensity level is possible only after selecting an emoticon, to reinforce the structure of the interaction (Principle 1). When a level of emotional intensity is selected, the application displays a new screen dedicated to delivering co-regulation strategies.

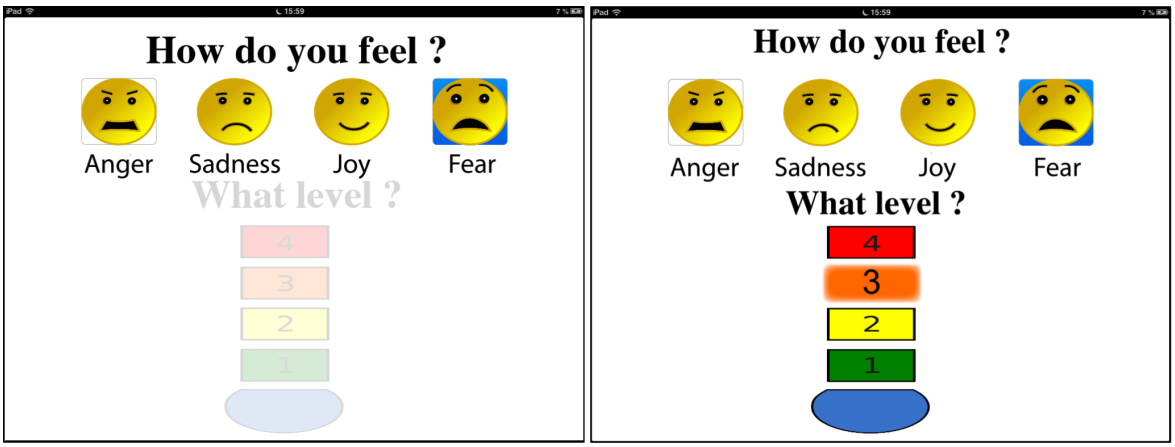



FIGURE 9.17 – First step : emotion identification.

***Step 2 : Co-regulation strategies.*** Associated with each intensity level is a different coping strategy (Principle 5) that takes the form of either respiratory relaxation or idiosyncratic

| Level | Type of Media | Provided by |
|---|---|---|
| 1 | Relaxing statements | Therapists |
| 2 | Pictures | Families |
| 3 | Video | Families |
| 4 | Exit statements | School staff |

Tableau 9.6 – Types of co-regulation contents.

multimedia contents (Principle 3). ERI models [Prizant *et al.*, 2003 ; Sofronoff *et al.*, 2005] promote families to select/build idiosyncratic support (*i.e.*, specific to a person). In practice, idiosyncratic support gathers personal pictures and objects specific to each child. As can be seen in Table 9.6, each intensity level corresponds to a specific coping strategy (Principle 6).

Level "1" offers relaxation methods (*e.g.*, respiratory) through a three-step slideshow. Every step is illustrated by a textual statement and a picture. Relaxation methods are widely used by therapists and special education teachers to support children with ASD [Gagné, 2010].

Level "2" provides a co-regulation strategy that consists of displaying an idiosyncratic library of photos. The child controls the slideshow with "forward/backward" buttons. Level "3" also delivers a parent-based, co-regulation strategy, but in the form of a personalized video. A switch button is also displayed with a "Sound" label - default is set to "0" (*i.e.*, mute) - to fit the classroom usage requirements from our participatory design.

Parents were solicited to choose photos and videos with their child to personalize levels "2" and "3". Most of the time, they already used multimedia support to help their child co-regulate. Parents also searched into their personal material, or produced new pictures, photos or videos (from their own camera or from the web). This idiosyncratic visual support usually presents the child, either in an activity they like or in a reassuring environment (see Figure 9.18).

Level "4" offers the child to take a break and relax in a quiet place (usually the special classroom or the library) for a duration to be determined with them. According to school staff, this is a common practice when children simply cannot self-regulate their emotions.

As can be noticed, by design, our ERI application requires to be customized by idiosyncratic visual material selected by families and endorsed by their child. This design allows flexibility and adaptability of the material.

We now present the evaluation of this technological support for emotion regulation of children with ASD in mainstreamed classrooms.

### 9.4.6 Evaluation

To asses the benefits of our tablet-based application, we recruited 3 groups of children. Two of them were children with ASD : one group was equipped with our tablet-based

FIGURE 9.18 – Examples of idiosyncratic support.

application, the other was not. The third group consisted of children with ID, recruited in same special-education classrooms than the equipped children with ASD.

**Participants**

Our study took place in special education classrooms located in secondary schools. A total of 50 students between the age of 12.0 and 17.3 were recruited in our study. Comparing an equipped group of children with ASD with a non-equipped group of children with ASD allowed us to capture the intervention effect of our study. Comparing an equipped group of children with ASD with an equipped group of children with ID allowed us to evaluate specific and pervasive effects of our intervention across populations with different conditions. Two equipped participants moved to another curriculum or a specialized institution before the end of the three-month intervention; they were removed from the study. Finally, 29 of our participants were children with ASD and 19 others were children with ID (see Table 9.7). Children with ASD were separated into two groups : 14 equipped children and 15 non-equipped control children. The three groups were matched with the chronological age and the intellectual functioning (according to the IQs estimated from abbreviated WISC-IV [Grégoire, 2000]).

| | Equipped Children with ASD (n=14) | Equipped Children with ID (n=19) | Non-equipped Children with ASD (n=15) | p-value |
|---|---|---|---|---|
| **Age** | 14.26 | 14,23 | 14.16 | .977 |
| (SD) | (.96) | (1.28) | (1.67) | |
| **IQ** | 69.07 | 60.53 | 71,13 | .495 |
| (SE) | (30.64) | (19.61) | (32.96) | |

*SD=Standard Deviation*

Tableau 9.7 – Characteristics of participants.

Possible differences between the three groups of children were tested using a one-way analysis of variance (ANOVA) (Table 9.7). Neuropediatricians examined all the children and the ASD diagnosis was made according to the criteria of the DSM-IV [American Psychiatric Association, 2000] and with respect to the "Autism Diagnostic Interview-Revised" scale [Lord *et al.*, 1994]. Therefore, as previously mentioned, researchers were single-blinded : they did not know the condition of the participants during their evaluation. Groups were formed at the end of the intervention, when neuropediatricians gave their diagnoses.

As recommended by the Helsinki convention, both parental informed consent and children's assent were obtained before participation. Also, the ethics committee affiliated to our university approved the experimental protocol, prior to recruiting participants.

### Materials and Instruments

Besides helping to regulate emotions, our application collects data regarding its usability as well as its usage (*i.e.,* number of uses in the inclusion class, types and levels of emotion). Specifically, we measured : 1) the application usability, 2) the application usage in mainstreamed classrooms, 3) the application efficacy as an emotional coping device in mainstreamed classrooms, and 4) intervention transfer on general measure of emotion self-regulation processes.

***1) Application usability.***
*Child usage.* At the end of each month of intervention, the school aide was asked to indicate whether the child used the application in full autonomy and in adequate manner (scored 1), or whether they had needed help to use it (scored 0) in appropriate situations (*e.g.,* emotional outbursts).
*Parents' point of view.* We selected in the USE questionnaire the item [Lund, 2011] assessing the parent's perceptions in terms of usability and ease of learning (with a Lickert scale from 0 to 4), with a maximum score of 4.

***2) Application usage in the inclusion classroom.*** For each use of our application, interaction data were recorded; they consisted of the emotion type (fear, joy, sadness, anger) and the intensity level (from 1 to 4) of emotions selected by children during the three months of use. In this paper, we only consider the interaction data recorded in the inclusion classroom. For the purpose of our study, data recorded outside the inclusion classroom were excluded. The recording of these data started when the tablet was given to the child.

***3) Application efficacy in the inclusion classroom.*** To assess the benefits of using our tablet-based application in terms of adaptive self-regulation behaviors in the school settings, we created a composite score with two indicators. The teacher of each special-education classroom initially completed the French version of the Social Responsiveness Scale (SRS [Constantino *et al.*, 2003]) and the French version of the Quebec adaptive behavior scale for school (EQCA-VS [Morin et Maurice, 2001]). The quantitative nature of these two questionnaires and their reliance on naturalistic observations of teachers make these scale easy to use in the educational setting. Especially, our composite score involved 1) mannerism sub-domain of the SRS - as it is related to inappropriate behaviors such as stereotypical movements - and 2) school skills sub-domain of the EQCA-VS - a measure of positive adaptive behaviors inside the classroom.

paragraph4) Intervention transfer on general measure of emotion self-regulation
*Emotional words fluency test (adapted from the Kusche Affective Interview Revised) [Greenberg* et al., *1995]*. This test assesses the ability for an individual to express their internal emotional states in language by measuring the access to their emotion lexicon. To do so, the individual is required to produce all the words designating an emotional state as quickly as possible (within one minute). In our study, the participants were given the following instruction : "Tell me your inside emotions with as many words as you can, as quickly as possible. "I will tell you when to stop." The score is the number of words produced that are known to express an emotion.
*Self-Levels of Emotional Awareness Subscale for Children (Self-LEAS-C)*. This test is part of the Levels of Emotional Awareness Scale for Children (LEAS-C) [Veirman *et al.*, 2011]. The LEAS-C comprises 12 evocative interpersonal scenarios in a mainstreamed environment (mostly school situations). Each scenario is described in two to four sentences, and involves two people. For each scenario, an individual is asked to describe their feelings and the other person's feelings. This measurement distinguishes two subscales of emotional awareness : self and other. Two scenarios per page are presented; each scenario followed by two questions : "How would you feel" and "How would the other person feel". Each scenario is designed to elicit one of four types of emotion (happiness, anger, sadness, or fear; three samples each). The complexity of the response expressed in the number of adjectives and the richness of the formulation is scored on five levels. Low awareness (level 1-2) may correspond to a lack of emotional response or a poorly evocative formulation of a state, not indicative of a specific emotion (e.g. "It would hurt."). Level 3 refers to basic emotions (e.g.

"I would feel sad."), while level 4 responses show greater complexity in the awareness with emotions (e.g. "I would feel happy but maybe a little bit excited as well."). Finally, level 5 involves considerations for the other character (*e.g.,* "I would feel sad but maybe happy for my friend.").Whenever there is no response, or an inappropriate response (e.g. "I would feel like she did it deliberately."), a score of 0 is given. For our purpose, only the self-awareness score is reported. The scenarios submitted to the participants have been divided into two sets of six scenarios. Each set covers the four emotions. When a set is submitted to a participant prior to the intervention, the other set is used after the intervention. This alternative use of sets allows to get a fair assessment of the emotion-regulation application. As the self-awareness scores range from 0 to 5 for each scenario, the maximum score is 30 in our intervention.

**Procedure**

Prior to our intervention, we held a meeting with the inclusion teachers, the special education teacher, the school aides, the parents, and the children. The goal was to give them an overview of our procedures (Figure 9.19), to explain the importance of using our application on a regular basis in a synergistic manner, and to answer all their questions. We also gave a demonstration of our tool, explaining its functioning.

Later, we met again with families to create/identify idiosyncratic media contents to personalize the application. Parents were asked to choose "around ten photos or pictures and a short video that was soothing for their child". In most cases, a conversation between parents and children spontaneously took place. Chosen photos mostly referred to the child, either on vacation or in an environment where they feel safe (usually their home). Videos were often produced for the purpose of our study, showing children practicing their hobbies.

***Baseline : pre-intervention tests.*** At the baseline assessment session, the special-education teachers of the children with ASD and the children with ID completed a demographic information form. They also completed self-regulation questionnaires (EQCA-VS and SRS) based on their observations and their knowledge of the children. The children completed the abbreviated WISC-IV and two neuropsychological measures of emotion self-regulation (emotional words fluency test and self-subscale of LEAS-C).

***Intervention : application usage.*** The participants were observed during their inclusion in the classroom (French, mathematics, history, geography, or biology). In the context of our intervention, each participant attended a new class where new situations could occur. It was a one-hour class that occurred once a week during a period of three months. A school aide, dedicated to our study, accompanied each child during inclusion. The school aide was trained to support students with disabilities, especially children with ASD. In addition, she was trained to use the application to play the role of a social support during inclusion.

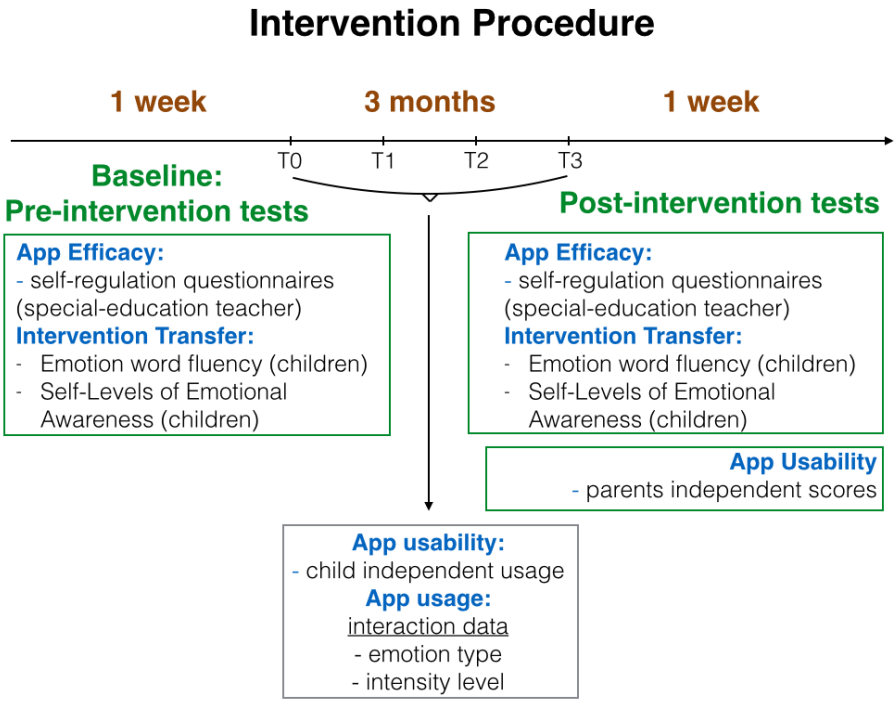



FIGURE 9.19 – Intervention procedure.

***Post-intervention tests.*** All other post-test measures were completed within a week after the end of the three-month intervention. All interviews were conducted at school or at home. They addressed application autonomous usage (school aide observations), application usability (Usability and Ease of use items of the USE questionnaire), application efficacy (composite score of EQCA-VS and SRS questionnaires) and intervention transfer on general measures of emotion self-regulation (emotional words fluency test and self-subscale of LEAS-C test).

### Design and statistical treatments

We adopted different statistical design for each domain (*i.e.*, each measure) we evaluated : application usability, application usage, application efficacy and intervention transfer. All the dependent measures were numeric. All the pairwise comparisons were carried out with parametric procedures. When possible, contrasts were calculated and reported in the text. All statistical treatments have been conducted using SPSS 19.

***Application usability.***

— *Child independent usage.* We conducted an ANOVA with one within factor *Time*,

which had two levels (*Baseline* and *Post-intervention*), and one between factor *Group* which had two levels (*Equipped children with ASD* and *Equipped children with ID*).

— *Parents experience scores.* We conducted a the mean comparison Student t-test on each of the two measures (*i.e.,* usability and ease of use) with the between factor *Group* which had two levels (*Equipped children with ASD* and *Equipped children with ID*).

***Application usage.*** We conducted two two-way mixed factorial designs : one for Emotions activations and one for Levels activations.

— *Emotions activations.* The within factor were *Time*, which had two levels (*Baseline* and *Post-intervention*) and *Emotion*, which had four levels (*Joy*, *Fear*, *Sadness* and *Anger*). The between factors were *Group*, and had two levels (*Equipped children with ASD* and *Equipped children with ID*).

— *Levels activations.* The within factor were *Time*, which had two levels (*Baseline* and *Post-intervention*) and *Level*, which had four levels (*Level 1*, *Level 2*, *Level 3* and *Level 4*). The between factors were *Group*, and had two levels (*Equipped children with ASD* and *Equipped children with ID*).

***Application efficacy.*** We conducted an ANOVA with one within factor *Time*, which had two levels (*Baseline* and *Post-intervention*), and one between factor *Group* which had three levels (*Equipped children with ASD*, *Equipped children with ID* and *Non-equipped children with ASD*).

***Intervention transfer.*** We conducted two two-way mixed factorial designs : one for each neuropsychological test (*i.e.,* emotion word fluency and emotional awareness). Both ANOVA had the same design. The within factor was *Time*, which had two levels (*Baseline* and *Post-intervention*). The between factor was *Group*, which had three levels (*Equipped children with ASD*, *Equipped children with ID* and *Non-equipped children with ASD*).

**Results**

This section presents the main results of our study. All statistical results are reported in the appendix (tables 9.8, 9.9, 9.10, 9.11, 9.12).

***Application Usability.*** Overall, the usability measures revealed that our emotion-regulation application is perceived by parents as easy to use for their child. This result is supported by its self-initiated use that is acquired within the three months of our intervention.

***Child independent usage.*** The ANOVA revealed a main effect of the intervention factor : the usage of our application was mostly autonomous by all children after three months [$F(1,31) = 60.13; p < .001; \eta^2 = .660$].
*Parent experience scores.* High scores of usability occurred among the parents and there was no significant difference between the group of children with ASD ($m = 3.71; SE = .13$) and the group of children with ID ($m = 3.74; SE = .10$) ($t(31) = -.139; p > .800$). We report the same results for the ease of use of our application : there was no significant difference between the group of children with ASD ($m = 3.57; SE = .29$) and the group of children with ID ($m = 3.63; SE = .22$) ($t(31) = -.168; p > .800$). In other words, our application was considered usable and easy to use by all parents, irrespective of ASD conditions.

***Application usage in the inclusion classroom.*** The interaction data indicated several key results. Activations of emotions (Figure 9.20) and levels (Figure 9.21) have been processed separately.

***Emotions activations.*** First, the ANOVA revealed a main effect of Emotion type [$F(3,93) = 15.54; p < .001; \eta^2 = .334$]. Contrast comparisons indicated significant differences between "joy" and the other three emotions : "fear" [$F(1,31) = 32.32; p < .001; \eta^2 = .510$], "sadness" [$F(1,31) = 15.60; p < .001; \eta^2 = .335$] and "anger" [$F(1,31) = 11.56; p < .01; \eta^2 = .272$]. This result suggests that "joy" emotion has been significantly more selected, regardless of the Group and the Time.

A first-order interaction effect was observed for the interaction between Time * Group [$F(1,31) = 4.26; p = .048; \eta^2 = .121$]. Post-hoc comparisons indicated a Time effect only for children with ID [$F(1,18) = 5.46; p < .04; \eta^2 = .233$], but not for children with ASD [$F(1,13) = 1.06; p > .300; \eta^2 = .075$]. This results suggests that children with ID activated more emotions during the third month of the intervention, compared with the first month.

Most importantly, the three-way interaction effect Time * Emotion * Group was significant [$F(3,93) = 4.40; p < .01; \eta^2 = .124$]. Post-hoc comparisons revealed significant interaction effect Time x Group for "joy" [$F(1,31) = 5.31; p < .03; \eta^2 = .146$] and "sadness" [$F(1,31) = 5.75; p < .03; \eta^2 = .156$]. This result suggests that children with ASD selected less "joy" and "sadness" during the third month of intervention compared with the first month while children with ID exhibited opposite pattern : more "joy" and more "anger" during the first month compared with the first month.

***Levels activations.*** First, the ANOVA revealed a main effect of Level [$F(3,93) = 3.02; p < .04; \eta^2 = .089$]. Post-hoc comparisons indicated significant differences between "level 1" and "level 2" [$F(1,31) = 8.30; p = .07; \eta^2 = .211$] and between "level 1" and "level 4" [$F(1,31) = 12.66; p = .001; \eta^2 = .290$]. This result suggests that "level 1" has been selected significantly less than "level 2" and "level 4" regardless of the Group and the Time.

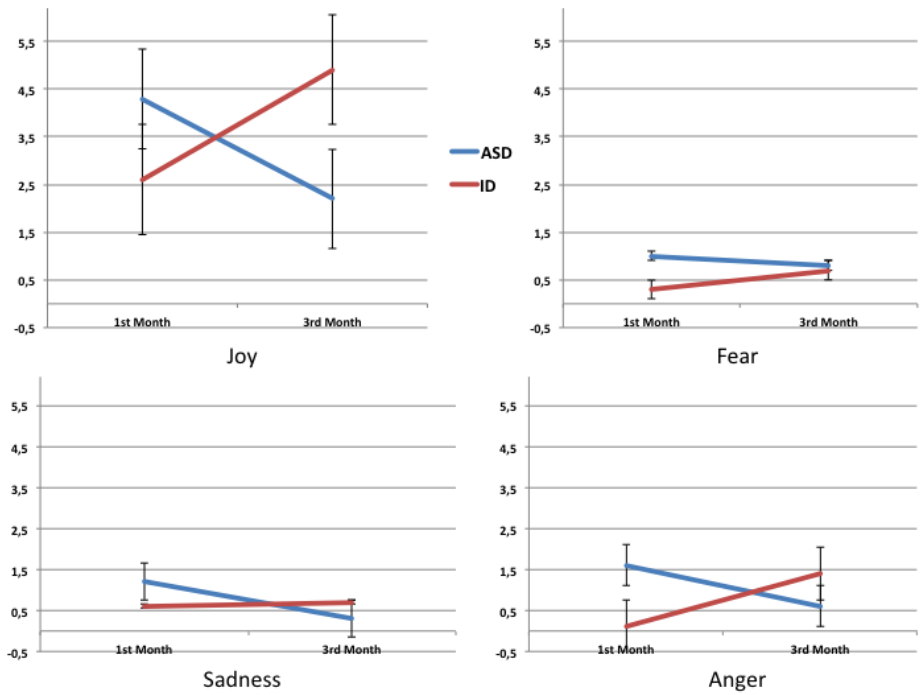



FIGURE 9.20 – Uses of our application w.r.t. emotion type across our intervention.

A first-order interaction effect was observed for the interaction between Time * Group [$F(1,31) = 5.03; p < .03; \eta^2 = .140$]. Post-hoc comparisons indicated a Time effect only for children with ID [$F(1,18) = 4.35; p = .05; \eta^2 = .195$], but not for children with ASD [$F(1,31) = 8.30; p = .07; \eta^2 = .211$]. This results suggests that children with ID selected more levels during the third month of the intervention compared with the first month.

Another first-order interaction effect was observed for the interaction between Time * Level [$F(3,93) = 4.76; p < .01; \eta^2 = .133$]. Post-hoc comparisons indicated significant differences between "level 1" and "level 3" [$F(1,31) = 9.68; p < .04; \eta^2 = .238$], "level 2" and "level 3" [$F(1,31) = 4.22; p < .05; \eta^2 = .120$] and "level 3" and "level 4" [$F(1,13) = 1.61; p > .200; \eta^2 = .110$]. This result suggests that "level 3" has been selected significantly less than other three levels during the third month of intervention compared with the first month.

***Application efficacy in the inclusion classroom.*** The results showed that self-regulation behaviors (positive or negative) in the classroom have been improved the most for equipped children with ASD, compared with the two other groups at the end of the intervention.

***Composite z-scores of self-regulation behaviors.*** The ANOVA indicated composite scores increased across Time (Intervention effect : [$F(1,45) = 7.39; p < .01; \eta^2 = .141$]) (see Figure 9.22). Most importantly, the interaction effect between Group * Time was also significant :

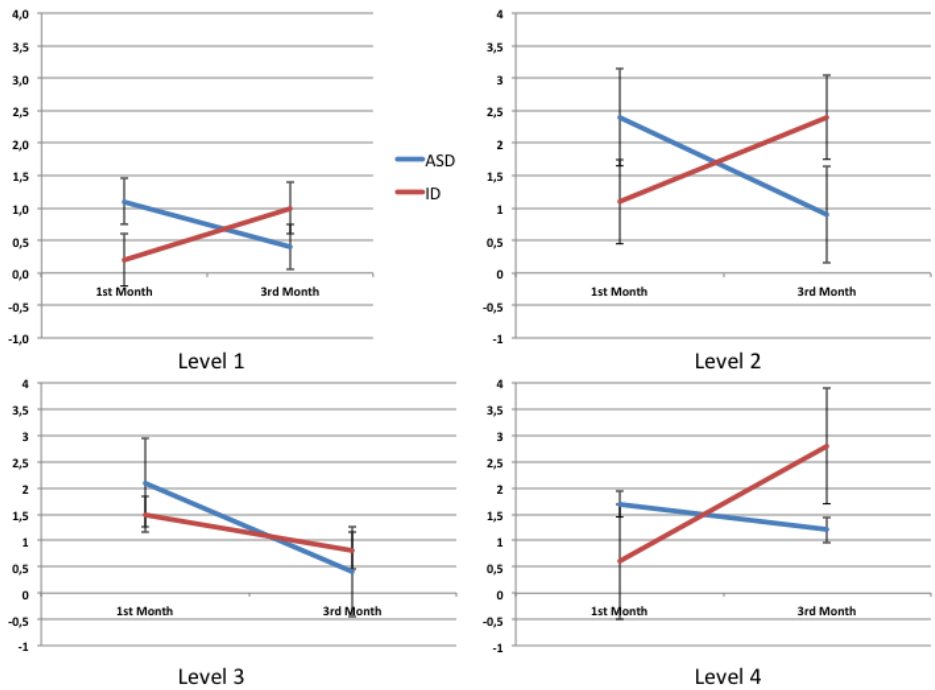



FIGURE 9.21 – Uses of our application w.r.t. level selected across our intervention.

$[F(2,45) = 4.67; p < .03; \eta^2 = .148]$). Investigating data from each Group separately, we found significant benefits with Time only for Equipped children with ASD $[F(1,13) = 12.23; p < .01; \eta^2 = .485]$ and not for the two other Groups.

***Intervention transfer on general measures of emotional self-regulation.*** Overall, our results show benefits from using our tablet-based application on two measures of emotional self-regulation for both equipped groups, compared with the non-equipped group.

***Emotional Fluency performance (see Figure 9.23).*** The ANOVA revealed the main effect of the intervention factor with better scores in post-intervention, compared with the pre-intervention condition $[F(1,45) = 6.25; p < .02; \eta^2 = .122]$. Importantly, we observed a tendency on the two-way interaction effect $[F(2,45) = 2.75; p = .07; \eta^2 = .109]$. If we look at each Group separately, the ANOVA reveals greater effect for equipped children with ASD $[F(1,13) = 15.77; p < .01; \eta^2 = .548]$ than for equipped children with ID $[F(1,18) = 4.21; p = .05; \eta^2 = .189]$. Such effect is not observed for non-equipped children with ASD $[F(1,14) = .05; p > .800; \eta^2 = .004]$. Thus, both equipped groups have significantly increased their emotional fluency performance across the three months of intervention, with greater benefits for children with ASD.

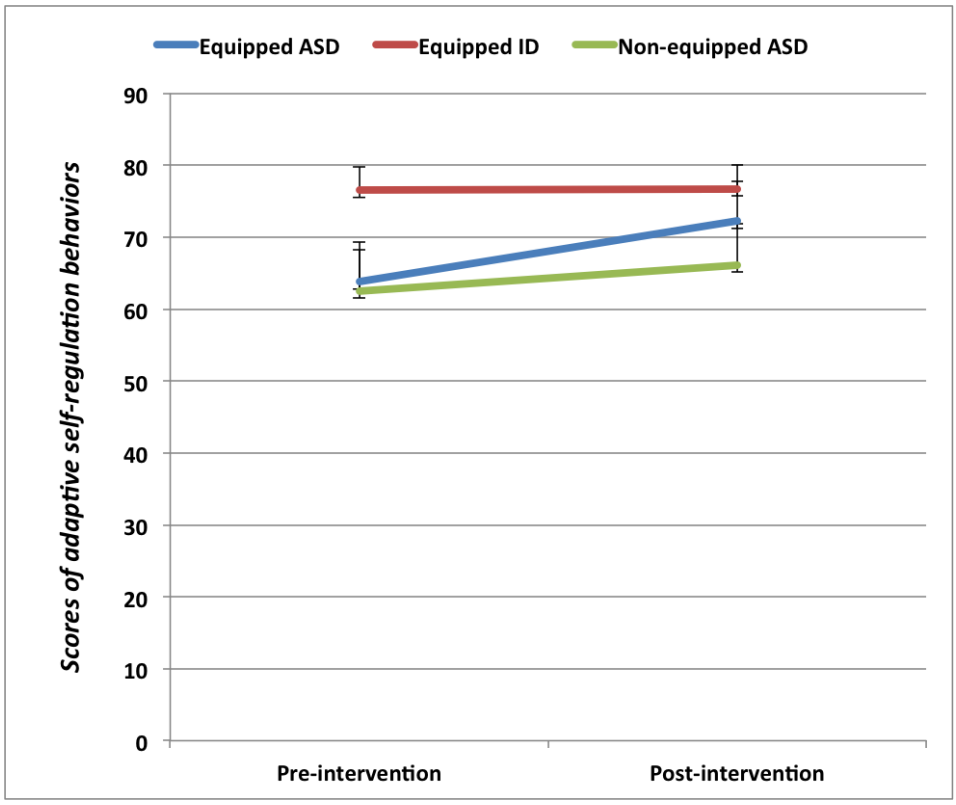



FIGURE 9.22 – Means and Standard Errors for z composite scores of adaptive self-regulation behaviors across the three-months intervention.

***Self-emotional awareness performance (see Figure 9.24).*** The ANOVA revealed only a tendency effect of pre-post intervention factor with better scores in post-intervention compared to the pre-intervention condition [$F(1,45) = 3.82; p = .05; \eta^2 = .078$]. The interaction effect was not observed ($p > .400$).

### 9.4.7 Discussion

To the best of our knowledge, there is no study assessing a technological support for an ERI dedicated to children with ASD in mainstreamed environments. Additionally, we found no study addressing the relevance of idiosyncratic parental co-regulations in the context of school settings to support children with ASD. The results presented here provide insights on these issues.

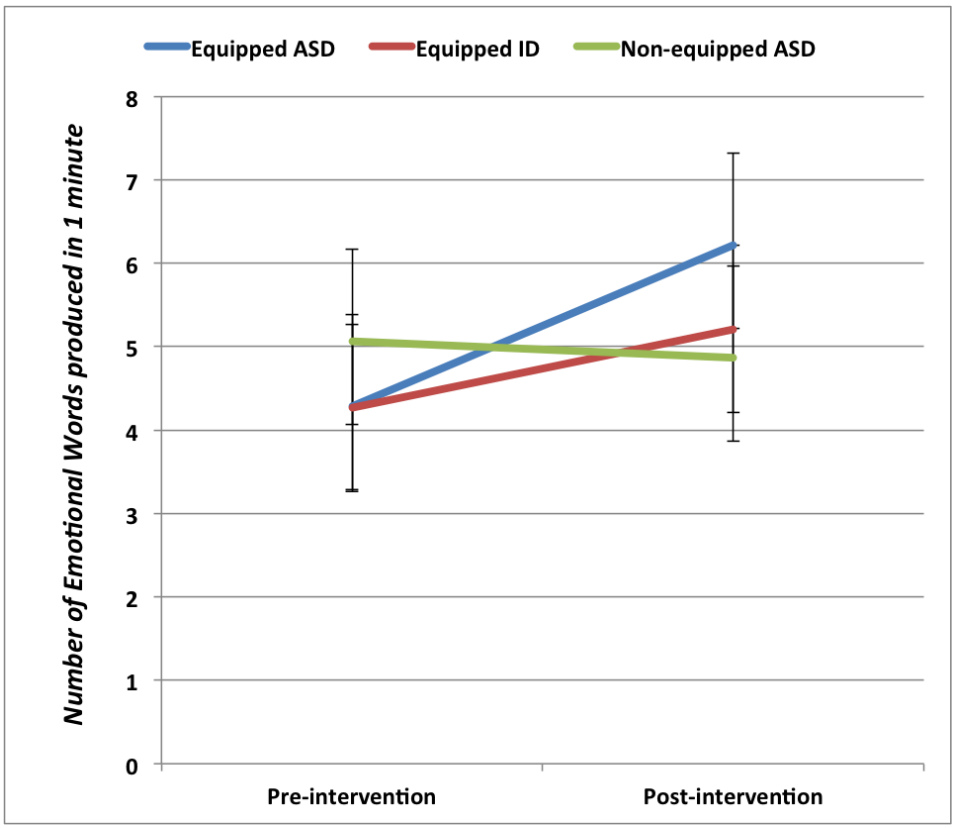



FIGURE 9.23 – Means and Standard Errors for emotion words fluency test across the three-months intervention.

### Implementing design principles : a successful ERI application

Our empirical results demonstrate that our ERI application provides children, especially those with ASD, with a relevant self-regulation support in mainstreamed environments, such as a classroom. At the beginning of our intervention, children with ID exhibited a greater adaptation compared with children with ASD. Interaction effects reported on the measure of self-regulation behaviors (*i.e.*, composite z-scores) revealed that children with ASD benefitted from using our application, despite the short intervention time (*i.e.*, 3 months). These significant improvements allowed equipped children with ASD to bridge the gap with children with ID in terms of self-regulation behaviors (see Figure 9.22), crucial for a successful inclusion in mainstreamed environments.

***Autonomous usage in mainstreamed environments.*** Parents of children from both conditions reported high usability of our application. School aide reported the first step of ERI (*i.e.*, emotion identification and intensity rating) was well-structured. Within one screen and only two user-pointing inputs, our application allows children to quickly access soothing

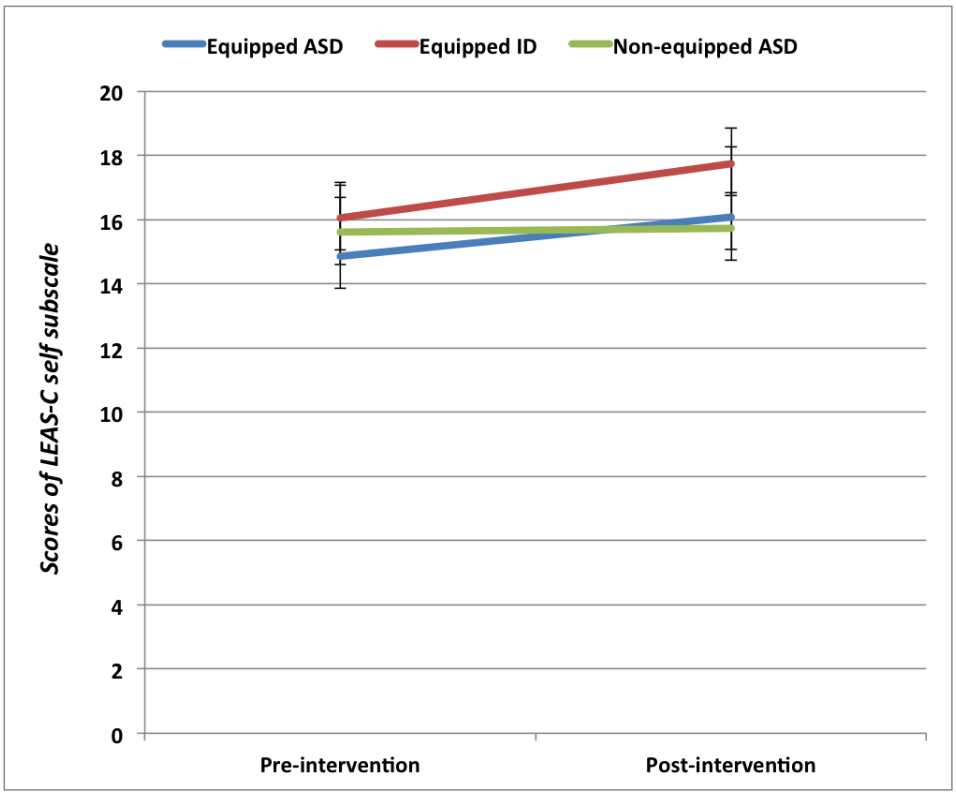



FIGURE 9.24 – Means and Standard Errors for self-Levels of Emotional Awareness Scale across the three-months intervention.

material. As a result, interaction duration maximizes the child's presence in the classroom. The simplicity and the structured interaction with the application may be factors that contributed to the fact that the application was rapidly used autonomously by the children from both groups.

***Unexpected remediation results.*** The emotion-regulation application had an outcome that went beyond its original purpose of supporting mainstream inclusion : it is also a promising tool for cognitive remediation. We observed that the usage of our application positively changed the children's intrinsic abilities for self-regulating emotions thanks to two measures of emotional self-regulation (Emotional words fluency test (adapted from the Kusche Affective Interview-Revised) [Greenberg *et al.*, 1995] and Self-LEAS-C [Veirman *et al.*, 2011]). Children with ASD exhibited greater improvements on emotional word fluency than children with ID, related to the first level of ToM (see Figure 9.23). This result is consistent with the literature reporting difficulties on identifying self-emotions among children with ASD [Baron-Cohen, 2001] and not among children with ID [Lindsay *et al.*, 2004 ; Rose et West, 1999], when compared with typically developing children.

Unfortunately, statistics did not allowed us to identify group(s) that benefitted the most from the intervention on the self-LEAS-C measure. However, means indicate that non-equipped children with ASD did not exhibit benefits, whereas both equipped groups did increase their performance at the end of the intervention (see Figure 9.24). The non-significant improvements may be due to the short intervention time (*i.e.,* only 3 months) and could have reached the significance threshold with a longer use of the application. Previous interventions aiming to improve adaptive behaviors, especially for children with ASD, reported stronger benefits when experimenting for 6 months or more [Panerai *et al.*, 2009] compared with three-month intervention [Panerai *et al.*, 2002] (see [Virues-Ortega *et al.*, 2013a] for other examples).

These positive results can be seen as a learning effect, resulting from fruitful experiences of emotion-regulations, thanks to our application. The device repetitively leads the child to both identifying and naming the nature of the emotion felt. In addition, the idiosyncratic contents, made available at school by the emotion-regulation application, increase the opportunities of successful co-regulations. Taken together, the services provided by our application can be seen as an implementation of errorless learning method for emotional regulation that is one of the most powerful behavioral therapies for children with ASD [Wood *et al.*, 2009].

**Insights from analyzing log data**

Analyzing log data provided insights on the way children with ASD and children with ID used our ERI application inside a mainstreamed environment.

Results of our study showed that children with ASD and children with ID used our emotion-regulation application differently. While usage of children with ASD remained statistically constant across our three-months intervention, data revealed that children with ID used it more during the third month, compared with the first month. Even though they did not seem to benefit from this usage in terms of self-regulation behaviors (see Figure 9.22).

Moreover, results we presented suggest that emotions have not been activated the same way across time and populations. Specifically, children with ASD and children with ID exhibited opposite patterns of activations, especially for "joy" and "anger" (see Table 9.8). Children with ASD selected significantly less these two emotions, while children with ID selected them significantly more at the end of the intervention, compared with the beginning. Knowing that children with ASD improved their self-regulation adaptive behaviors (Figure 9.22), such usage suggests these children lowered their co-regulation needs in mainstreamed classroom at the end intervention. Considering 'Joy' emotion, our results revealed it is more selected than all three other negative emotions (*i.e.,* 'Sadness' , 'Anger' and 'Fear'), regardless of the time and the group. Even if this emotion is seen as "positive", it can sometimes result in inappropriate behaviors. Co-regulations strategies should then be specific to either positive or negative emotions by considering 'Joy' separately from negative emotions,

especially given the 'impaired capacity to differentiate between one's emotions within the negative spectrum' of children with ASD as Rieffe *et al.* advanced [Rieffe *et al.*, 2007]. Taken together, these results argue for the adaptation of co-regulation strategies (*i.e.,* media) to the nature of emotions, either positive or negative.

***Relevance of static idiosyncratic visual supports for ERI in school settings.*** The most interesting results have been revealed by analyzing Levels activations.

First, we showed that 'Level 1' is less activated than 'Level 2' and 'Level 4', regardless of the time and the group (see Figure 9.21). This simple result suggests that children, regardless of their condition (*i.e.,* ASD or ID), trigger our emotion-regulation application less for low-intensity emotions. In other words, they are now able to self-regulate low-intensity emotions.

Second, log data analyses revealed that, regardless of the group, 'Level 3' is significantly less activated than all three others during the third month of the intervention compared with the first month. As described in Section 9.4.5, 'Level 3' is associated with an idiosyncratic soothing video. This finding thus implies that idiosyncratic dynamic media is significantly less activated by children from both conditions at the end of the intervention compared with static idiosyncratic contents ('Level 2') or an opportunity to leave the classroom ('Level 4'). In other word, after three month of using our emotion-regulation application, children with ASD and children with ID activated idiosyncratic static media and exit statements to help them regulate their emotions inside the mainstreamed classroom, rather than soothing statements or idiosyncratic dynamic media. Implications of strong activations of 'Level 4' are discussed in the next paragraph.

***Unfollowed fourth level.*** At this intensity level of emotion, the child was supposed to leave the classroom and go to a familiar and reassuring place, such as the special classroom, the library, *etc.* The school aide reported that even if children selected this level, they wanted to stay in the classroom and remain in inclusion. In other words, the child used the fourth level only to express the high intensity of its emotions to the school aide so that she can help co-regulate this overwhelming emotions.

After three months of intervention, log data collected by the application (Figure 9.21) revealed that level 4 is more selected than the three other levels, for both populations. Therefore it offers an opportunity to give a relevant co-regulation strategy for intense crisis inside the mainstreamed classroom.

The school aide reported unpredicted activities with the tablet when children with ASD wanted to self-regulate. Most of them enjoyed interacting with the technology : making application icons shake (*i.e.,* on iPads, the "shaking-state" allows user to delete applications), or switching from one application list to another, *etc.*

Interactivity of touchscreen tablets can be leveraged to increase children engagement in an enjoyable task (*e.g.,* Photogoo app [Hourcade *et al.*, 2013]). Sitdisanguan showed

that interacting with a tangible object engages even more children with ASD than with a touchscreen [Sitdhisanguan *et al.*, 2012]. It is also consistent with ERI, already using idiosyncratic objects [Gulsrud *et al.*, 2010 ; Jahromi *et al.*, 2013 ; Prizant *et al.*, 2003]. In fact, an additional intensity level could be added in our ERI application and be associated with a regulation strategy that consists for the child to interact with a graphical representation of an idiosyncratic object.

**Participatory Design allowed collaborative use**

Introducing a technological assistive tool in a mainstreamed classroom raises challenges. Teachers were concerned that children with ASD would spend their time playing with the tablet and others student would be distracted. School aides were concerned about not being able to handle the tool. Families were concerned about fatigue incurred by their child in a stressful environment. By involving all these stakeholders early in the design process, we overcame those concerns and ensured the infusion of our technological support in the school environment.

The collaborative nature of our intervention allowed our tool to be pervasively used by all stakeholders of the child's mainstreamed environment : the school. As well, we argue that participatory design allowed our tool to be appropriately used by the school staff, who had never used this technology before. Every stakeholder was able to help children using it during the first month of the intervention, and to supervise them for the last month.

During our experiment, a child with ASD was taken to the school nurse because he could not stop laughing. She spontaneously used the application to soothe the child. Interestingly, the nurse had not been included in the participatory design of our application ; she had only been informed of the experiment conducted in the school. This situation suggests that our application could potentially be collaboratively used in other mainstreamed environments (*i.e.,* leisure activities, public transportation, *etc.*).

Leveraging the observed collaborative usage of our application, we could adapt the interface to bring the child to find someone around to help them co-regulate.

**Deploying an assistive technology in mainstreamed environments : lessons learned**

There are numerous constraints when addressing mainstreamed environments such as a school. In our case, it took some time to find an agreement with participating schools between their ground constraints and our scientific requirements. School staff wanted our intervention to be as short as possible because of their time constraints, potentially limiting our results, especially for children with ID. They also asked for the inclusion of all children of their special-education classroom in our inclusion process. To address this requirement, we adopted a design study (*i.e.,* Cross-Syndrome design) that could be of great value for researchers in the domain of accessible computing. Additionally, some teachers had some negative beliefs about tablets and gaming platforms for children education

[Ertmer, 2005], and more particularly for children with ASD (*e.g.*, a tablet socially isolates the child). Finally, let us note that our experimental study had an overall positive outcome in the participating schools with regard to inclusion : our intervention allowed some of the children to exhibit spectacular improvements in their behavior and autonomy, even though they were previously identified as "not being able to be included in a mainstreamed classrooms" by the school staff. This situation resulted in the increase of their time in mainstreamed classrooms, as well as their inclusion in additional classes, for some of our participants.

#### Limitations

The participating children did not cover the spectrum of intellectual functioning. Consequently, it remains to be shown that our results carry over to children with ASD that are on the higher end of the spectrum of intellectual functioning.

Our experiment does not include a control group of children with ASD equipped with equivalent paper-based visual supports. Such supports would have been cumbersome and stigmatizing in mainstreamed classrooms. Additionally, our tool involved video material, which are not available on paper-based supports.

#### Future Works

School aide reported she sometimes had to invite children to quit the application because they were spending too much time on it. A visual-timer could be added in our ERI application to avoid this situation. Their efficiency has been demonstrated for children with ASD [Gagné, 2010]. This should help children to better manage their time.

Some children directly asked to add other emotions, such as "excited" or "neutral". The school aid also reported that children sometimes had difficulties to choose an emotion because it "didn't perfectly fit with their emotion". Our application should display a larger set of emotions, such as the ones used by Attwood *et al.* [Sofronoff *et al.*, 2005]. To go further, our application should allow the user (*i.e.*, children or their families) to choose which emotions to be displayed.

### 9.4.8 Conclusion

This paper presents a tablet application to support emotion regulation of children with ASD in mainstreamed environments. With a participatory design, we identified usage requirements, usage scenarios and design principles that allowed our application to be infused in a mainstreamed environment : the school. Using these design principles, other applications could be implemented to offer more adaptability to closely match the needs of children with ASD.

This application has been used by 48 children with and without ASD (*i.e.,* Intellectual Disabilities) during their inclusion in secondary schools. All children successfully adopted our application thanks to its structured interface and its idiosyncratic contents. Using our application allowed children with ASD to better self-regulate their emotions. Moreover, our tool showed promising rehabilitation effects for children from both conditions, improving their self-regulation skills.

***Acknowledgements.*** The authors would like to deeply thank all children, their families and school staff who participated to this study. They would also like to thank the French Minister of Education and the Orange Foundation for their active support in allowing us to conduct this project in schools, and funding the development of the application and the experimental study.

### 9.4.9 Appendix

| Analysis | Effect | F value | p value | effect size |
|---|---|---|---|---|
| **ANOVA Time x Group x Emotion on emotion activation measure** | *Time* | F=(1,31)<.001 | p>.900 | $\eta^2$<.001 |
| | *Group* | F(1,31)=.018 | p>.800 | $\eta^2$=.001 |
| | *Emotion* | F(3,93)=15.54 | p<.001 | $\eta^2$=.334 |
| | *Time x Group* | F(1,31)=4.26 | p<.05 | $\eta^2$=.121 |
| | *Time x Emotion* | F(3,93)=.54 | p>.600 | $\eta^2$=.017 |
| | *Group x Emotion* | F(3,93)=.040 | p>.700 | $\eta^2$=.013 |
| | *Time x Group x Emotion* | F(3,93)=4.40 | p<.01 | $\eta^2$=.124 |
| **ANOVA Time x Group on Joy activation measure** | *Time* | F(1,31)=.016 | p>.800 | $\eta^2$=.001 |
| | *Group* | F(1,31)=.12 | p>.700 | $\eta^2$=.004 |
| | *Time x Group* | F(1,31)=5.314 | p<.03 | $\eta^2$=.146 |
| **ANOVA Time x Group on Fear activation measure** | *Time* | F(1,31)=.097 | p>.700 | $\eta^2$=.003 |
| | *Group* | F=1,31)=.89 | p>.300 | $\eta^2$=.002 |
| | *Time x Group* | F(1,31)=.683 | p>.400 | $\eta^2$=.022 |
| **ANOVA Time x Group on Sadness activation measure** | *Time* | F(1,31)=.979 | p>.300 | $\eta^2$=.031 |
| | *Group* | F(1,31)=.03 | p>.800 | $\eta^2$=.001 |
| | *Time x Group* | F(1,31)=1.128 | p>.200 | $\eta^2$=.038 |
| **ANOVA Time x Group on Anger activation measure** | *Time* | F(1,31)=.171 | p>.600 | $\eta^2$=.005 |
| | *Group* | F(1,31)=.68 | p>.400 | $\eta^2$=.021 |
| | *Time x Group* | F(1,31)=5.747 | p<0.3 | $\eta^2$=.156 |

Tableau 9.8 – Statistical results for emotion activation measures.

| Analysis | Effect | F value | p value | effect size |
|---|---|---|---|---|
| **ANOVA Time x Group x Level on level activation measure** | *Time* | F(1,31)=.034 | p>.800 | $\eta^2$=.001 |
| | *Group* | F(1,31)=.002 | p>.900 | $\eta^2$<.001 |
| | *Level* | F(3,93)=3.02 | p<.04 | $\eta^2$=.089 |
| | *Time x Group* | F(1,31)=5.03 | p<.04 | $\eta^2$=.140 |
| | *Time x Level* | F(3,93)=4.76 | p<.01 | $\eta^2$=.133 |
| | *Group x Level* | F(3,93)=.113 | p>.900 | $\eta^2$=.004 |
| | *Time x Group x Level* | F(3,93)=1.55 | p>.200 | $\eta^2$=.048 |

Tableau 9.9 – Statistical results for level activation measures.

| Analysis | Effect | F value | p value | effect size |
|---|---|---|---|---|
| **ANOVA Time x Group x Emotion on composite z-scores** | *Time* | F(1,45)=7.39 | p<.01 | $\eta^2$=.141 |
| | *Group* | F(2,45)=2.01 | p>.100 | $\eta^2$=.082 |
| | *Time x Group* | F(2,45)=3.90 | p<.03 | $\eta^2$=.148 |

Tableau 9.10 – Statistical results for self-regulation adaptive behaviors.

| Analysis | Effect | F value | p value | effect size |
|---|---|---|---|---|
| **ANOVA Time x Group on Word Emotion Fluency test** | *Time* | F(1,45)=6.25 | p<.02 | $\eta^2$=.122 |
| | *Group* | F(2,45)=.21 | p>.800 | $\eta^2$=.009 |
| | *Time x Group* | F(2,45)=2.75 | p=.07 | $\eta^2$=.109 |

Tableau 9.11 – Statistical results for the Word Emotion Fluency test.

| Analysis | Effect | F value | p value | effect size |
|---|---|---|---|---|
| **ANOVA Time x Group on Level of Emotional Awareness Scale test** | *Time* | F(1,45)=3.82 | p<.05 | $\eta^2$=.078 |
| | *Group* | F(2,45)=.44 | p>.600 | $\eta^2$=.019 |
| | *Time x Group* | F(2,45)=.82 | p>.400 | $\eta^2$=.035 |

Tableau 9.12 – Statistical results for the Level of Emotional Awareness Scale test.

## 9.5 Étude 3 : Intervention Collège+

Cet article présente les résultats de conception et de validation expérimentale de l'intervention Collège+. Elle comprenait des applications d'assistance et d'entrainment cognitif pour l'inclusion scolaire d'enfants avec TSA en classe ordinaire. Il a été soumis au Journal of Autism and Developmental Disorders. Une partie de ce travail a fait l'objet d'un chapitre en français dans l'ouvrage Cognition Sociale, et d'une présentation aux 44ème Entretiens de Médecine Physique et Réadaptative(EMPR) à Montpellier en Mars 2016.

***Title.*** Tablet Apps to Support first School Inclusion of Children with Autism Spectrum Disorders (ASD) in Mainstream Classrooms : A pilot study.

***Authors.*** Charles Fage, Charles Consel, Kattalin Etchegoyhen, Anouck Amestoy, Manuel Bouvard, Hélène Sauzéon

***Keywords.*** Autism Spectrum Disorders ; Mobile technology-based intervention ; Activity schedules ; cognitive rehabilitation ; school inclusion

***Abstract.*** The inclusion of children with ASD in mainstream classrooms is dramatically impeded by their difficulties in socio-adaptive behaviors and socio-cognitive functioning. After a review of cognitive behavioral approaches for children with ASD, and technology-based interventions aimed to overcome the limitations of these children in adaptation in daily life environments, this paper presents a package of mobile applications, named "School+", consisting of both assistive applications and cognitive rehabilitation applications to support first school inclusion of children with ASD. These applications have been experimentally tested in a three-month intervention in mainstream schools and at home, involving 50 participants (30 children with ASD, half of which was equipped of "School+" and 20 children with intellectual deficiencies who are also equipped). Benefits in terms of socio-adaptive behaviors and social response in school settings, and socio-cognitive functioning (neuropsychological evaluation related to Theory of Mind mechanisms) have been assessed. The main results showed that equipped children with ASD improved their socio-adaptive behaviors and their social-response in school settings. Both equipped groups (children with ASD and children with ID) increased their socio-cognitive functioning. Overall, this paper presents a systematic approach, based on both assistive and cognitive rehabilitation applications, which had positive outcomes on children with ASD inclusion in mainstream classrooms.

### 9.5.1 Introduction

Mobile health, the use of mobile digital technologies to improve health care, is a rapidly expanding area, particularly within psychological care of neurodevelopmental disorders

such as Autism Spectrum Disorders (ASD) or Intellectual deficiency (ID) [Mechling, 2007]. The number of mobile applications targeting cognitive training or activity assistance for all kind of disabilities grows up on digital applications stores, such as Apple Store (IOS) or Google Play Store (Android) [Donker *et al.*, 2013]. The use of mobile devices in everyday life situations offers new possibilities in terms of rehabilitation, assistance and evaluation, so far impossible due to required presence of a trained stakeholder. Up to 300 applications for children with ASD are now inventoried in applications stores. The appetence of children with ASD for this type of interactive mobile supports (for review : [Stephenson et Limbrick, 2013]) has undoubtedly been a driver for the expansion of this market. Unfortunately, there is a paucity of controlled studies investigating the effectiveness of psychological interventions based on mobile apps [Stephenson et Limbrick, 2013]. The purpose of the present pilot study was to develop and to assess the efficacy of both a set of remediation applications for socio-cognitive functioning and a set of assistive applications for socio-adaptive behaviors in the ecological situation of a first inclusion of children with ASD in mainstream classroom.

**ASD and school inclusion**

Developmental disorders designate heterogeneous and durable perturbations in the development of perceptual and/or motor and/or cognitive abilities due to cerebral dysfunctions. Autism Spectrum Disorders (ASD, with a prevalence of approximately 90-120/10000 births [Fombonne, 2009] and ID, with a prevalence of approximately 3-14/1000 births [Maulik et Harbour, 2010] are among the most severe impairments globally affecting psychological development [M *et al.*, 2008]. ASD are characterized by impairments of social interactions (social skills and communication) and restricted interests and/or repetitive behaviors (DSM-V, [American Psychiatric Association, 2013]). Cognitive functions like human motion perception, socio-cognitive mechanisms, emotion regulation, executive functioning, as well as some perceptive and motor functions are recognized as potentially affected in ASD with variable severity [Fuentes *et al.*, 2012]. Additionally, the term ASD is now used to describe a range of neurodevelopmental conditions that demonstrates heterogeneous impairments. As an illustration, intellectual disabilities (intelligence quotient – IQ inferior less than 70 on the WISC-IV scale, [Wechsler, 2003]) are the most common comorbidity associated with 40% to 70% of individuals diagnosed with ASD [Fombonne, 2003]. This variety of cognitive profiles among children with ASD urges for individual cares and personalized assistance for overpassing the barriers of their social participation, which take the form of normalized expectations imposed by mainstream social environments such as schools [Van Hees *et al.*, 2015]. Yet, there is growing evidence that educational inclusion produces a positive effect on children with ASD, specially in terms of outcomes in schooling duration and occupational future [Hunt et McDonnell, 2007]. Despite such positive outcomes, inclusive education of these children is often hampered by the misgivings of school staff that presumes negative outcomes on classroom functioning if the student is not autonomous enough [Harrower et Dunlap, 2001]. This restriction in social participation in mainstream

school settings is often explained by limitations in socio-adaptive capabilities, mainly due to impairments in socio-cognitive functioning of children with ASD [Jackson, 2008]. This means that supporting socio-adaptive capabilities, as well as socio-cognitive functioning, is a critical need for successful school inclusion of children with ASD. Indeed, when these specific needs are not addressed, they often result in interruptions during class that decrease learning opportunities, not only for the child with ASD, but also for all the students [McCurdy et Cole, 2013]. Leveraging research on Autism, the International Classification of Functioning, Disability and Health, Children and Youth version (ICF-CY, [Organisation Mondiale de la Santé, 2002]) draws up a list of the main domains of needs that are specific for children with ASD and are mostly responsible for the situation of school disability. This list includes social skills, emotion recognition, emotion self-regulation and executive functioning. As such, children with ASD exhibit variable verbal interaction limitations [Rapin et Dunn, 2003] and difficulties to perform numerous social protocols required for mainstream environments (greeting, thanking, *etc.*) [Jahromi *et al.*, 2013]. Related to their socio-adaptive difficulties, children with ASD exhibit impairments on Theory-of-Mind processing (ToM designates processes underlying the mentalizing of emotional states relative to self or other, [Baron-Cohen, 2001]). Notably, these impairments are expressed through failures in emotion recognition [Baron-Cohen *et al.*, 1985], disrupting social interactions with peers and their teachers [Peterson *et al.*, 2009]. All these impairments are related to failures in emotion self-regulation, such as exacerbated emotional responsiveness, which are common in children with ASD and known to impede their school inclusion [Jahromi *et al.*, 2013]. Other impairments are common among children with ASD. They can exhibit executive functioning disorders (activity planning, time management, inhibition, flexibility) such as context-appropriateness of use of knowledge, highlighted in the "executive dysfunction account" by Ozonoff *et al.* [Ozonoff *et al.*, 1991], or perceptual processing disorders as described in the "enhanced perceptual functioning" hypothesis [Mottron *et al.*, 2006]. Learning disabilities (as described in "theory of reduced generalization and enhanced discrimination ability", [Plaisted, 2001]) can also be found among children with ASD. Taken together or separately, these cognitive disorders result in difficulties in maintaining attention, listening and mimicking. Such limitations are challenging for classical instructional procedures [Van Hees *et al.*, 2015].

**Cognitive Interventions for children with ASD**

There are two major approaches of cognitive interventions that are commonly used for children with ASD. The first approach, called Cognitive Behavioral Therapy (CBT), is skill-oriented and focuses on adaptive behaviors reinforced by rewards. The second approach gathers cognitive process-oriented interventions, focusing on the cognitive capabilities underpinning the task performance (for example [Tanaka *et al.*, 2010]). We name such interventions Cognitive Remediation Intervention (CRI). Importantly, the two approaches are not orthogonal, but rather appear to address interrelated cognitive components to an integrated

whole. Thus, they should ideally be used together into a multidimensional intervention [Ozonoff *et al.*, 1991 ; Solomon *et al.*, 2004 ; Stichter *et al.*, 2012]. Among CBT for children with ASD (for review : [Ospina *et al.*, 2008 ; Ho *et al.*, 2015]), Applied Behavior Analysis (ABA) is a widely-used type of intervention [Reichow, 2012]. Similar to the Lovaas therapy from which it originates [Lovaas, 1987], ABA relies on global care principles addressing daily life abilities, from communication to school skills, to leisure, to social interaction skills. Based on intensive and repetitive training (25 to 40 hours per week), it consists of face-to-face work sessions with a therapist, focusing on one specific skill at a time. Learning is reinforced by the use of rewards, such as pictures or coins [Leaf *et al.*, 2015]. According to the review of Ospina *et al.* [Ospina *et al.*, 2008], the efficacy of such cognitive behavioral therapy is superior to a classical specialized education, not only in terms of adaptive behaviors in daily life, communication and social interactions, but also in terms of cognitive functioning (ToM mechanisms, emotional awareness, *etc.*). Other integrative programs target school settings specifically. The most widely used program is certainly the Treatment and Education of Autistic and related Communication handicapped CHildren (TEACCH). This individualized program relies on a rigorous time and space structuring of learning through paper-based visual supports, and a close collaboration between the education staff and family members [Panerai *et al.*, 2002]. According to Ospina *et al.* [Ospina *et al.*, 2008], implementation of the TEACCH program leads to significant improvements of socio-adaptive behaviors communication and, cognitive functioning of children with ASD. Yet, more recently, Ho *et al.* reported some recurrent limitations in that research corpus. The major limitation is related to the lack of coherence between explicated goals, contents/abilities to be taught and benefit measures actually reported in the studies [Ho *et al.*, 2015]. For instance, out of 17 existing CBT-based studies aiming to reduce anxiety of children with ASD, none of them measured cognitive abilities or behaviors related to emotion self-regulation of participants. Consequently, inferring relationships between observed improvements on behaviors and potentially associated improvements on neurocognitive functioning is simply not possible. Conversely, such limitation can be found in studies with CRI stressing single or multiple cognitive domains [Ploog *et al.*, 2013]. For instance, intensive training of facial emotion recognition is widely reported as successful on tests evaluating trained mechanisms. However, potential training external transfer on more integrated activities, such as social responsiveness (*e.g.,* Social Responsiveness Scale-SRS, [Constantino *et al.*, 2003]) is not assessed [Tanaka *et al.*, 2010]. Another limitation of CBT studies as well as CRI studies is their weak power of ecological validity since they rely on work and evaluations both conducted on specialized environments (*i.e.,* therapist's office). Thus, transferring therapeutic learning in mainstream environments is rarely evaluated, or partially reported [Ospina *et al.*, 2008 ; Ho *et al.*, 2015]. Consequently, objective data remain lacking to determine whether these interventions can improve adaptive abilities and socio-cognitive functioning of children with ASD in daily life. Probably, the barriers related to real-life settings participate to explain this weakness of ground truth of both CBT and CRI based studies. Importantly, these aforementioned interventions are currently embedded into psycho-educative tools proven to facilitate mainstream school inclusion for

children with ASD. For instance, the Picture Exchange Communication System used in CBT supports children during communication activities through paper-based picture folders [Carr et Felce, 2007]. As well, sequencing activities on illustrated sub-tasks help children organize and manage their time [McClannahan et Krantz, 1999]. Similarly, related to CRI, social stories are commonly used to train children to cope with typical social situations [Karkhaneh *et al.*, 2010]. Although the effectiveness of these methods has been reported, they have important drawbacks. They are time-consuming (*e.g.*,, activity schedules, [Hayes *et al.*, 2010]), stigmatizing (*e.g.*, cumbersome material of paper-based folders), and are thus not adapted to the pervasive needs of these children across various contexts of mainstream inclusion (*e.g.*, social stories) [Fage *et al.*, 2014].

**Mobile Technology-based interventions (MTI) for ASD**

Since 2010, touch-screen tablets have now become commonly used in school settings. They support new paradigms for teaching, provide tools for individual or collective work, and target a large variety of activities. Despite a growing number of applications for children with ASD, there is little evidence of their efficacy in terms of compensatory or therapeutic effects in everyday functioning as well as cognitive functioning of children using such apps [Ramdoss *et al.*, 2011 ; Ploog *et al.*, 2013]. To address this shortcoming, researchers have investigated benefits from using new technologies in interventions addressing difficulties faced by children with ASD for more than ten years (for review : [Goldsmith et LeBlanc, 2004]). These technologies consist on either training tools for challenging tasks or assistive applications to help performing activities. Recently, Ploog *et al.* proposed a classification of technologies for ASD [Ploog *et al.*, 2013]. According to this classification, four main domains can be distinguished : 1) language (*e.g.*, [Bernard-Opitz *et al.*, 1999]), 2) social skills (*e.g.*, [Nikopoulos et Keenan, 2007]), 3) emotion recognition (*e.g.*, [Silver et Oakes, 2001]), and 4) Theory-of-Mind processing (ToM) (*e.g.*, [Swettenham, 1996]). On the domain of ToM , the Mind Reading software can be presented as a reference because of both its large number of exercises proposed on emotion identification and ToM, and its experimental validation [Golan et Baron-Cohen, 2006]. Indeed, benefits on trained processes are reported in studies with strong experimental standards (number of participants, standardized measures, *etc.*). However, it is unknown whether these benefits are generalized in real activities. For the three other domains of applications, experimental standards, such as sufficient number of participants or recruitment of a control group, are rarely reached (for review : [Ploog *et al.*, 2013]). Additionally, the training transfer towards real situations is usually not observed, when evaluated (for review : [Ploog *et al.*, 2013]). Aside from the cognitive remediation applications, a large number of technologies addresses in situ support, providing assistance when children with ASD are actually performing tasks (for review : [Mechling, 2007]). Such compensatory technologies largely rely on activity schedules, which divide activities in sequences of steps depicted by a written statement and a picture [McClannahan et Krantz, 1999]. Their efficacy to assist extra-curricular activities of children (*e.g.*, hand washing,

waiting time during medical visits, *etc.*) has been reported through several studies (*e.g.,* [Mechling, 2007 ; Ben-Avie *et al.*, 2014]. We believe that such efficacy may result from a compensatory assistance to executive difficulties associated with ASD and/or to their exacerbated anxiety (*i.e.,* explicit nature and invariant structure of application interface, [Hayes *et al.*, 2010]). As promising as they may be, these studies involved very few participants (from 1 to 10, sometimes without control counterparts) and usually took place in specialized environments (*e.g.,* special-education classrooms, specialized agencies, etc.) and aimed more towards demonstrating the usability of the technologies for children with ASD, rather than demonstrating their clinical efficacy (for review : [Grynszpan *et al.*, 2014]). Therefore, albeit activity schedules embedded on mobile technologies yield promising results in specialized environments, their efficacy to assist tasks in mainstream environments is still to be investigated in children with ASD. Regarding mainstream school settings specifically, relatively few devices based on digital systems have been developed to support inclusion. For example, MOSOCO is a smartphone-based tool to practice social skills during school breaks, by using an augmented reality approach [Escobedo *et al.*, 2012]. Three children with ASD and 9 matched typically developing control children used MOSOCO. Authors reported increased number of interactions between participants with ASD and typically developing children as well as increased interaction duration for children with ASD while reducing their interaction missteps. The vSked system is an application for creating and managing pictured activity schedules and destined to children with ASD. This application was designed with respect to interviews (families, teachers, therapists, special-education teachers and neuroscientists) and direct observations in three special-education classrooms [Hirano *et al.*, 2010]. A special-education classroom including 9 children with ASD was equipped with vSked. Qualitative results in terms of reducing education staff burden when using visual supports and improving communication and social interaction between children are reported. For another example, a task manager, implemented on smartphone, has been used by young adults with ASD at university [Gentry *et al.*, 2010]. Twenty two high-school students were equipped with the PDA-based task manager. At the end of the 8-week intervention, participants exhibited increased occupational performance, as well as autonomous use of the assistive tool. Lastly, the ICan application, a digital and configurable version of PECS, has been tested in special-education classrooms with teachers including children with ASD, to assess its usability [Chien *et al.*, 2015]. Eleven children with ASD used ICan during 4 weeks. Like Hirano *et al.* the authors reported reduced burden for caregivers through reduced time spent on preparing visual support. They also reported enhanced “willingness to learn and interact with others” for equipped children with ASD. These first studies can be seen as a first step in underpinning the relevance of MTI in mainstream classroom for the inclusion of children with ASD by showing the feasibility of introducing MTI in the school environment. However, their clinical efficacy remains to be investigated since these studies do not provide any empirical support of gains for socio-adaptive behaviors in school settings, or even for socio-cognitive functioning.

### 9.5.2 Aim of the study

Based on the aforementioned data, we developed a package of apps on mobile tablets to promote the first school inclusion of children with ASD in secondary school settings. This package, named "School+", consists on both assistive apps (compensatory purpose) and cognitive training apps (remediation purpose). Assistive apps consist of two applications implementing activity schedules for verbal and school routines and a self-regulation emotion. Training apps are oriented towards ToM processes (emotion recognition and attention orientation). Furthermore, app interfaces were designed with respect to some principles of successful CBT for children with ASD. In the context of the first inclusion in mainstream classrooms, our applications have been used in a three-month intervention by participants with ASD. "School+" intervention was assessed in terms of socio-adaptive behaviors (school disability scale, EQCA-VS, [Morin et Maurice, 2001]), social skills (Social Responsiveness Scale, [Constantino *et al.*, 2003]) and socio-cognitive functioning (cognitive evaluations related to ToM mechanisms).

### 9.5.3 Method

In order to measure benefits related to uses of both assistive and remediation applications, three groups of children were recruited. Two of these groups were composed of children with ASD : one group was equipped with the applications (equipped ASD), one was not (non-equipped ASD). An equipped group of children with ASD was compared with a non-equipped group of children with ASD to capture intervention effect for children with ASD. The third group, recruited in the same special-education classrooms, was composed with children with non-specific Intellectual Deficiency (equipped ID). An equipped group of children with ASD was compared with an equipped group of children with ID to evaluate specific and shared effects of our intervention across populations with different medical conditions (*i.e.*, using a cross-syndrome method, [Sigman et Ruskin, 1999]).

#### Participants

Our study took place in secondary schools, where special-education classrooms are implemented. A total of 50 students aged from 12 to 17 years were recruited. Two equipped participants moved to another curriculum or a specialized institution before the end of the three-month intervention; they were removed from the study. Finally, 29 of our participants were children with ASD and 19 others were children with ID (see Figure 9.13). Children with ASD were separated into two groups : 14 equipped children and 15 non-equipped control children. The three groups were matched with the chronological age, the intellectual functioning (according to the IQs estimated from abbreviated WISC-IV [Grégoire, 2000], and on performance on three ToM tests. The ToM tests included Picture Sequencing test (intentions detection; [Baron-Cohen *et al.*, 1986]), Look in My Eyes test (emotion recognition

| | **Equipped Children with ASD (n=14)** (Males=14) (Females=0) | **Equipped Children with ID (n=19)** (Males=9) (Females=10) | **Non-equipped Children with ASD (n=15)** (Males=13) (Females=2) | **p-value** |
|---|---|---|---|---|
| **Age** | 14.26 | 14,23 | 14.16 | .977 |
| (SD) | (.96) | (1.28) | (1.67) | |
| **IQ** | 69.07 | 60.53 | 71,13 | .495 |
| (SE) | (30.64) | (19.61) | (32.96) | |
| **Sarfati** | 8.07 | 8.47 | 8.33 | .962 |
| (SD) | (1.89) | (.84) | (1.13) | |
| **Look in My Eyes** | 7.57 | 7.00 | 8.20 | .517 |
| (SD) | (.86) | (.76) | (.96) | |
| **Dynamic Emotions Recognition** | 13.07 | 13.79 | 11.53 | .895 |
| (SD) | (1.26) | (.81) | (1.66) | |

*SD=Standard Deviation*

Tableau 9.13 – Characteristics of participants.

through a sight; [Baron-Cohen *et al.*, 1997]), and a Dynamic Emotion Recognition test (emotion recognition through videos; [Tardif *et al.*, 2007]).

Possible differences between the three groups of children were tested using a one-way analysis of variance (ANOVA) (Table 1). Neuro-pediatricians examined all the children and the ASD diagnosis was made according to the criteria of the DSM-IV [American Psychiatric Association, 2000] and with respect to the "Autism Diagnostic Interview-Revised" scale [Lord *et al.*, 1994]. Note that researchers were single-blinded : they did not know the medical condition of the participants during the experiment. Indeed, groups were formed a posteriori at the end of the intervention, when neuro-pediatricians provided the medical diagnoses. As recommended by the Helsinki convention, both parental informed consent and children's assent were obtained before participation. Also, the ethics committee affiliated to our university approved the experimental protocol, prior to recruiting participants. Finally, the collecting and processing of digital data have been checked by the COERLE, which is the ethical committee of Inria (National research center in computer sciences) for an official declaration to CNIL (Conseil National Information et Liberté, *i.e.,* National Council of Information and Freedom).

### Material

Thanks to a collaborative work with all stakeholders (families, school staffs, therapists), two sets of three apps were developed : 1) assistive applications destined to be used inside mainstream classrooms (whenever necessary), and 2) remediation applications destined to be used at home on a daily basis (15 minutes per day, five times a week). All contents of these applications specifically aimed school settings. Moreover they were personalized to each student. Our applications run on a touchscreen tablet (Apple iPad © second generation).

### Interface Design

Previous Human-Computer Interaction studies identified relevant design principles to ensure the usability of technologies by children with ASD. Especially, technological supports need to rely on visual supports, to prevent mistakes, to avoid distractive stimuli, to focus on predictability or display clear mapping between actions and feedback provided by interface [Hayes *et al.*, 2010 ; Hirano *et al.*, 2010 ; Hourcade *et al.*, 2013 ; Porayska-Pomsta *et al.*, 2012]. We designed all applications in the "School+" package following these oroven guidelines, promoting flexibility of all their contents to match specific needs of each child [Hayes *et al.*, 2010]. Moreover, to complement these guidelines, we extracted design principles from CBT. Notably, we focused on a strong structuring of spaces and times on each screen, as proposed by TEACCH program [Panerai *et al.*, 2002]. The same interface was used for two assistive applications using activity schedules. It was also used across the three cognitive remediation applications ; same steps were implemented across assistive applications (selection of the appropriate activity schedule, following steps of the sequence) and across cognitive remediation applications (selection of the game, display of the material, input of the user, feedback from the application, prompting to do another exercise or exit). Moreover, as suggested by dedicated approaches such as ABA [Reichow, 2012] and implemented by Lovaas [Lovaas, 1987] for example, each application of the "School+" package is dedicated to one specific task, addressing a specific need. As a result, we decided to split assistive applications into two separate applications ; they both relied on activity schedules sharing exact same interface : one dedicated to classroom routines and one dedicated to verbal communication routines (see Figure 9.25).

***Assistive Applications : Support for activity planning–execution in school settings.*** To address the difficulties of planning and executing new tasks faced by children with ASD, two applications are dedicated to training children to perform classroom routines and verbal communication routines in mainstream classrooms. These activities have been identified and validated after interviews with teachers and school staff involved in this study (Fage et al., 2015). Note that for these two applications, the number of activity schedules generated by the users is not limited.

FIGURE 9.25 – School+ package.

*Routine app.* The first app addressing with classroom routines targets following activities : Going to the classroom, Entering the classroom, Taking out school supplies, Taking notes and Leaving the classroom.

*Communication app.* The second app focuses on verbal communication routines in the context of the classroom. Two communication contexts (*i.e.,* initiation or reception)

and two interlocutors (teacher or student) have been distinguished, leading to 4 types of interaction scenarios. For each scenario, different sequences are proposed based on the goal of the communication (*e.g.,* ask for help, make a comment, ask for repetition). These two applications present the same interface (see Figure 9.26) : a list of available sequences is displayed on the first screen ; two arrows allow moving forward and backward through sequence steps. A progression bar, plus thumbnails of the previous and the next steps, ease the user to situate in the sequence. Each step is described with a text and picture to reinforce the understanding of the task. Finally, a positive reinforcement message is displayed at the end of each sequence.

*Emotion regulation app.* The third app proposes assistance for emotion regulation. Firstly, the child is invited to identify its emotion thanks to a set of emoticons related to the four basic emotions : joy, fear, anger, and sadness. The child has then to rate the intensity level of its emotion thanks to a 4-level thermometer (see Figure 9.27). The child is presented with idiosyncratic soothing contents created with families. Each intensity level is associated with a medium type : soothing statements, co-regulation personal pictures (around 10 pictures selected by each child and their parents) and videos (2-3 minutes of soothing personal video).

***Socio-cognitive remediation applications.*** Based on "serious games" principles, three apps dedicated to ToM processes were built with an increasing difficulty. Each app provided two levels of exercises moving to the next level when a threshold of 80% successful trials was reached. Two apps consist on facial emotion recognition exercises : one based on static content (*i.e.,* photos), the other one based on dynamic content (*i.e.,* videos). The third app proposes exercises of attention orientation in social situations. *Static Emotion recognition app.* The child is presented with 4 photos depicting different facial emotions and asked to identify an emotion given in an instruction, coupled with the corresponding emoticon. The first level includes normed photos of 67 unknown people mimicking 7 basic emotions (*i.e.,* joy, fear, anger, sadness, surprise, disgust and neutral). The second level includes photos of facial expressions of members of the school staff of each participant (special-education teachers, school aides, technical staff, *etc.*). Each school staff member was told to mimic the same 7 basic emotions. The photos of the 20 staff members have been collected for each participant (*i.e.,* 20 different joy photos, 20 different photos of fear, *etc.*). The application randomly displays one of the 7 emotions while ensuring an equal number of occurrences of each emotion in each set. *Dynamic Emotion recognition App.* The child is presented with the playback of a video. At some point, the video flow is interrupted and a facial recognition task is displayed. The child is asked to select the appropriate emotion on a list of word-emoticon pairs, according to the displayed picture (*i.e.,* the frame displayed when the video stopped). Each video stops at least twice, with a different emotion each time. Emotions are equally represented among each difficulty level. The first level involves videos of simple cartoons with only one character moving in a

FIGURE 9.26 – Example of Activity Schedule interface.

stripped down environment (*i.e.*, single color background) and only four basic emotions (*i.e.*, joy, fear, anger, sadness). The second level involves videos of more complex cartoons, textured, with interactions between the characters and the enriched emotions. Note that the playback of these videos is slowed down on early levels to ease the identification of facial emotions by the children. This slowing down leverages the works revealing the benefits

FIGURE 9.27 – Emotion regulation application.

of a slowed-down exposure to dynamic stimuli with an emotional valence for children with ASD [Gepner *et al.*, 2001 ; Tardif *et al.*, 2007]. The audio has been removed from these videos to account for research results stating that sensory multichannel should be avoided when training children with ASD [Mottron *et al.*, 2006]. *Attention Orientation app.* This third app (see Figure 9.28) proposes attention focus training. Such skill participates to the

detection of communicational intentions [Kampe *et al.*, 2003], and is known to be impaired among children with ASD [Charman, 2004]. A photo of a face is presented to the student, and then a symbol is briefly displayed on the eyes of the pictured face. The child is finally asked to select the previously displayed symbol among a list of other symbols. The first level of this application is composed of face photos; the second level is composed of complex interaction pictures in school settings. In this case, the symbol is displayed on the whole face of the relevant person on the given school setting scene (lecture to the whole classroom by the teacher, talk given by a student, chat with a classmate, *etc.*). For each intensity level, at first, the symbol is displayed for 4 seconds. Then it is displayed for only 2 seconds in order to automate attention focus orientation.

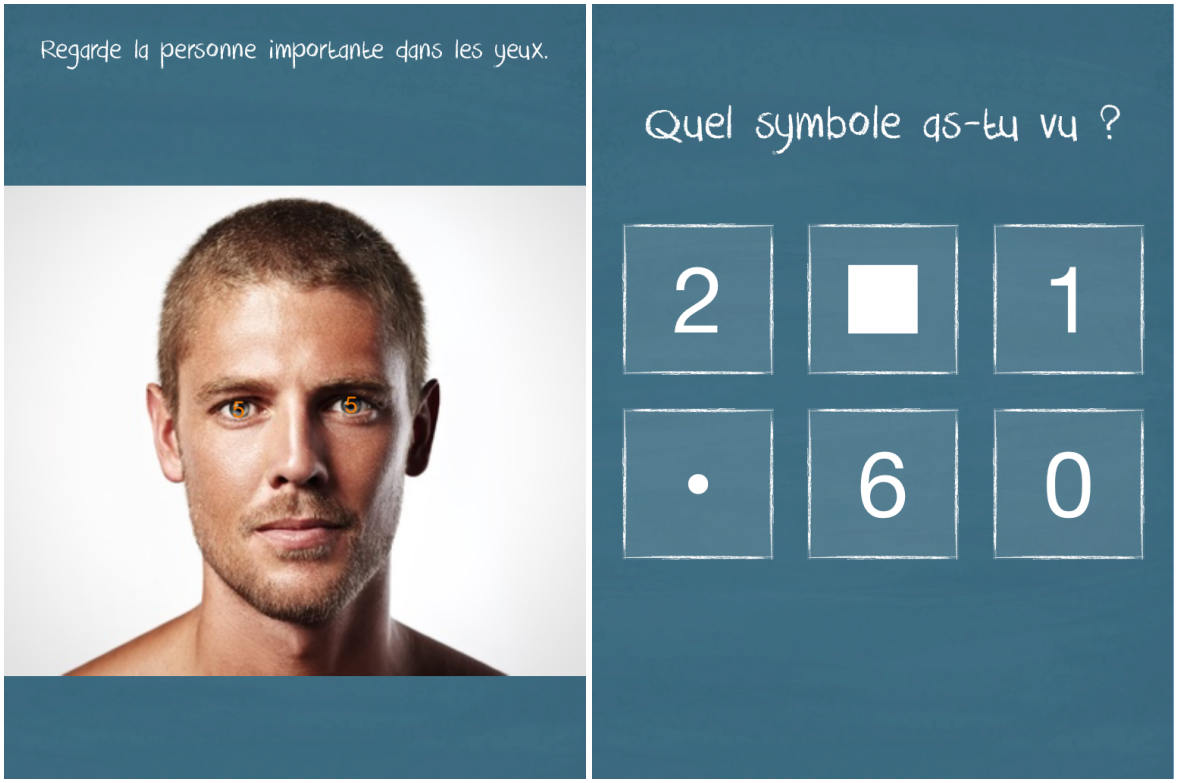



FIGURE 9.28 – Attention focus rehabilitation application.

A feature of training performance monitoring has also been implemented. Thus, any family caregiver can follow the use of the applications, as well as daily progress of a child.

**Application usage procedures**

*1) Assistive apps procedure.* Children were told to use assistive apps in classrooms, whenever they felt it was necessary. Teachers were told that this situation could occur

during their class; they were even encouraged to refer to the tablet when addressing socio-adaptive behaviors. The school aide was told to redirect the child to the assistive apps, or even to launch the appropriate assistive app herself, whenever she felt the accompanied child could benefit from a visual support. At the end of each month of intervention, the school aide was asked to indicate whether the child used the application in full autonomy and in adequate manner (scored 1), or whether they had needed help to use it (scored 0) in appropriate situations (*e.g.*,, emotional outbursts). The experiment showed that the child independent usage increased from first to third month of intervention for all children [$F(1,31) = 60.13; p < .001; \eta^2 = .660$].

*2) Training apps procedure.* The children were told to use training apps equally for 15 minutes per day, at least 5 days per week. A progression bar was displayed on the interface to indicate the time spent on training apps and the time left for the current day. Parents were encouraged to accompany their child to use training apps, by checking the time spent on apps and progress made through the performance-monitoring feature. The parents' perception was assessed with the USE questionnaire the 2 items [Lund, 2011] assessing the parents' perception in terms of usability and ease of learning (with a Lickert scale from 0 to 4), with a maximum score of 4. High scores of usability occurred among the parents and there was no significant differences between the group of children with ASD ($m = 3.71; SE = .13$) and the group of children with ID ($m = 3.74; SE = .10$) ($t(31) = -.139; p > .800$). We report the same results for the ease of use of our application : there was no significant difference between the group of children with ASD ($m = 3.57; SE = .29$) and the group of children with ID ($m = 3.63; SE = .22$) ($t(31) = -.168; p > .800$). Thus, apps were perceived as usable and easy to learn by all parents, irrespective of group condition.

*3) Application usage verification.* In order to objectively assess the application usage by children in mainstream classrooms (for assistive applications) and at home (for training applications), interaction data were recorded for each use of each application. These data provide us with the number of uses of "School+" apps by each participant, during the intervention. Specifically, we collected a number of uses of assistive apps (Activity schedules for classroom routines and verbal communication, and emotion-regulation) and a number of uses of socio-cognitive remediation apps (attention orientation, and static and dynamic emotion recognition) for each participant. At the end of the intervention, we compared the number of uses of applications from both equipped groups. We conducted a Student t test comparison with one inter-individual factor with two modalities (equipped ASD and equipped ID). This revealed no statistical differences between groups on assistive application uses [$t(31) = -.22; p > .800$] nor on socio-cognitive rehabilitation applications [$t(31) = .40; p > .400$]. Such result ensures that both equipped groups equally used "School+" apps during the intervention. In other words, all participants followed the instructions regarding apps usage in mainstream classrooms and at home.

**Procedure**

Prior to our intervention, we held a meeting with the inclusion teachers, the special education teacher, the school aide, the parents, and the children. The goal was to give them an overview of our procedures (see Figure 9.29), to explain the importance of using our application on a regular basis in a synergistic manner, and to answer all their questions. We also gave a demonstration of our tool, explaining its functioning. Later, we met again with families to create/identify idiosyncratic media contents to personalize the application. Parents were asked to choose "around ten photos or pictures and a short video that was soothing for their child". In most cases, a conversation between parents and children spontaneously took place. Chosen photos mostly referred to the child, either on vacation or in an environment where they feel safe (usually their home). Videos were often produced for the purpose of our study, showing children practicing their hobbies.

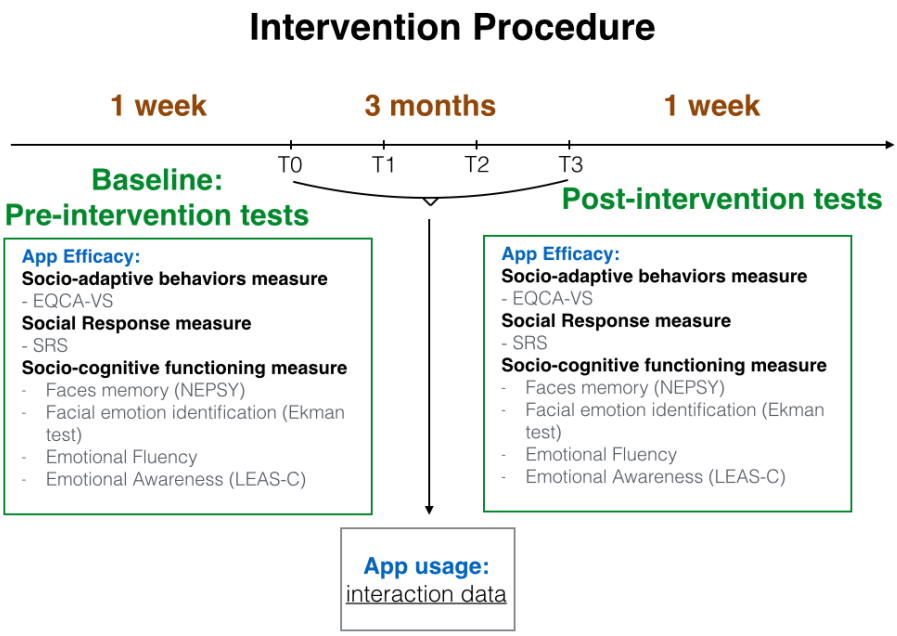



FIGURE 9.29 – Intervention procedure.

The participants were then observed during their first inclusion in the mainstream classroom (during French, mathematics, history, geography, or biology classes) for two weeks. For the purpose of School+ intervention, each participant attended a new class where new situations could occur. It was a one-hour class that occurred once a week during a period of three months. A school aide accompanied each child during inclusion. Each school aide was trained to support students with ASD. In addition, they were explained how to use

our applications to play the role of social support for their uses during inclusion. During each inclusion class, for each child, the school aide completed a specific questionnaire to collect the activity observations related to the assistive apps.

***School+ assessment : Pre-intervention and post-intervention tests.*** During the baseline assessment session, the special-education teachers of the children with ASD and the children with ID completed a demographic information form, as well as adaptive behavior scales for school settings (EQCA-VS, [Morin et Maurice, 2001]) and social skills (French version of SRS, [Constantino *et al.*, 2003]), based on their observations and their knowledge of the child. All children completed the abbreviated WISC-IV [Grégoire, 2000] and neuropsychological measures related with ToM mechanisms : emotional word fluency [Greenberg *et al.*, 1995], emotional awareness (LEAS-C, [Veirman *et al.*, 2011]), immediate face memory (subtest NEPSY, [Korkman, 1988]), and facial emotion recognition (Ekman test, [Ekman, 1992]). All post-intervention measures were completed within two weeks after the end of the three-month intervention. All interviews were conducted at school or at home. They addressed adaptive behaviors in school settings (EQCA), social skills (SRS) via an interview of teachers, and socio-cognitive functioning (emotional word fluency test, LEAS-C, NEPSY subtest, Ekman test).

**Measures**

Two types of measures were collected to assess benefits related to the use of "School+" apps. Subjective measures (teachers completing questionnaires) were collected to evaluate the intervention effects on socio-adaptive behaviors and social skills in school settings. Objective measures were also collected through pre- and post-intervention cognitive evaluations of each

***Socio-adaptive behaviors.*** In order to measure benefits on socio-adaptive behaviors, two scales were used. The teacher of each special-education classroom completed French versions of the Quebec Adaptive Behavior Scale-School Version (EQCA-VS, [Morin et Maurice, 2001]) and Social Responsiveness Scale (SRS, [Constantino *et al.*, 2003]). These scales are particularly well-suited for school settings, given their quantitative nature and their strong link to the observations of the teachers in natural environment.

*EQCA-VS.* This scale measures socio-adaptive behaviors clustered into 5 categories : Communication (17 items), Social skills (17 items), Autonomy (16 items), School skills (25 items) and Leisure (11 items). Each item describes a behavior that can be observed in the school setting. Scoring is as follows : "0" if behavior is not observed ; "1" if behavior is only partially performed, with help or prompted by a caregiver ; "2" if the behavior is fully performed. The version for teachers has been chosen for the purpose of this study.

*SRS.* This scale measures limitation of social response. An algorithm allows extracting different indicators : social awareness (8 items), social information processing (cognition, 12

items), reciprocal social communication abilities (22 items), social involvement motivation (11 items), as well as repetitive motor behaviors (12 items). The scale consists on 65 items, referring to a social behavior, scored from "1" "not true" to "4" "almost always true". Note that this scale measures limitations of social response. Therefore, the higher the SRS score, the more the social response is impaired.

***Socio-cognitive functioning.*** A battery of 4 neuropsychological tests evaluating ToM processes [Baron-Cohen, 2001] has been used to assess pre- and post-intervention effect. *Immediate faces memory [Subtest NEPSY, [Korkman, 1988]]*. This test comprises a sample of 16 photos of normed, non-emotionally connoted child faces. Photos are displayed for 5 seconds each. Afterwards, the faces are displayed another time, accompanied with two unknown faces. The instruction given to the child is as follow : "Look at these three faces. You have previously seen one of these children. Show me the one you saw." The participant has then to point out the answer. Therefore, a maximum score of 16 can be obtained.

*Facial emotion identification [Ekman test, [Ekman, 1992]]*. This test comprises 30 normed photos of faces exhibiting on of the six basic emotions : joy, anger, fear, sadness, surprise and disgust. Photos are displayed for 5 seconds each. The person is asked to point out the correct emotion on a text list afterwards. A training showing each emotion one time is performed prior to the evaluation. A maximum score of 30 can be obtained. Two different sets of 30 photos have been used on pre and post-intervention assessment to prevent from learning effects.

*Emotional word fluency test [Greenberg* et al.*, 1995]*. This test assesses an individual ability to identify its own emotional states by measuring its access to an emotional lexicon. To do so, the person is asked to produce all the words designating an emotion as fast as possible (within two minutes). The score is the number of words produced that designate an emotional state.

*Emotional awareness [LEAS-C, [Veirman* et al.*, 2011]]*. This test comprises 12 interpersonal scenarios of daily life (mainly in school settings). Each scenario briefly describes a situation involving two characters. The participant is asked to describe her emotional states in the given hypothetical situation, as well as the emotional states of the other character. This distinction allows extracting two sub-scores of the LEAS-C : self and other's emotional awareness and emotional awareness. Each scenario is meant to induce one of the four basic emotions (*i.e.,* joy, sadness, anger, fear). Each emotion is shown 3 times in the test. The complexity of the answer regarding the number and the richness of the formulations is rendered on five levels, from 1 to 5. Levels 1 and 2 are related to formulations that do not describe explicitly or poorly an emotional state (*e.g.,* "It would have hurt."). Level 3 is related to the direct formulation of the basic emotions (*e.g.,* "I would feel sad."). Level 4 is related to more complex emotional awareness, with formulations involving more than one emotion (*e.g.,* "I would feel happy but maybe also excited."). Finally, level 5 is related to formulations involving emotional states considering the other character (*e.g.,* "I would feel sad but also

happy for my friend.”). Each scenario is scored from 0 to 5 : 0 if no answer or irrelevant answer (*e.g.*, “I would feel that she meant it.”), 1 to 5 regarding the level of the answer. The 12 scenarios are divided into two sets of 6 scenarios each, covering the four emotions. The first set is used for pre-intervention assessment; the other is used for post-intervention assessment. A maximum score of 30 can then be obtained for each set.

In order to compare intervention effects among all neuropsychological tests, all raw scores have been transformed to standard z scores.

#### Design and statistical treatments

To measure the efficacy of the School+ intervention, three mixed MANOVAs have been conducted with two intra-individual factors and one inter-individual factor according to the studied measures as follows : first, an adaptive behaviors measure in school context; second, an SRS measure in school context and; third, socio-cognitive functioning measures. For each MANOVA, the inter-individual factor was Group, which had three modalities (equipped ASD, non-equipped ASD, equipped ID). The first intra-individual factor was Time, which had two modalities (pre- and post-intervention conditions). The second intra-individual factor differed according to the studied measures, as follows : first, for the adaptive behaviors measure, it referred to the 5 domains of EQCA-VS : Communication, Social skills, Autonomy, School skills and Leisure) ; second, for the SRS measure, it referred to the 5 domains of SRS (Awareness, Cognition, Communication, Repetitive behaviors and Motivation) and; third, for the socio-cognitive functioning measure, it referred to 4 domain’s measures (Emotional Fluency, Emotional Awareness, Immediate Face Memory and Emotion Identification). If an interaction effect was reported between the three factors (Time * Group * domain), partial analysis were examined to assess intervention benefits on each ability measure with respect to group conditions. If an interaction effect was reported between two factors (Time * Group), comparisons were conducted for each group to capture differential effects of Time factor on each measure. All dependent measures were numeric. SPSS-19 software has been used for all statistical analyses.

### 9.5.4 Results

For the sake of conciseness, we only report and discuss the significant results in this section. The presentation of means, standard deviations and the entire statistical results for each measure is deferred to the appendix (Tables 9.15, 9.16, 9.17, 9.18, 9.19, 9.20, 9.21).

#### Application Efficacy

***Socio-adaptive behaviors in school setting (EQCA-VS) (see Figure 9.30).*** MANOVA revealed a triple interaction effect Time * Group * EQCA-VS [$F(8,180) = 3.20; p < .001; \eta^2 = .066$] indicating different results across time for each group and sub-domains of EQCA-VS. This

result allowed us to conduct time comparisons analyses by sub-domain of EQCA-VS. They revealed the following results : *Autonomy.* Comparisons did not reveal any significant effect for any of the three groups.

*Communication.* Comparisons did not reveal any significant effect for any of the three groups.

*Social skills.* The Time effect was only significant for equipped TSA [t(13)=-2.35 ; p=.035]. No significant effect was obtained for the two other groups.

*School skills.* A Time effect for equipped TSA was observed [t(13)=-3.1 ; p=.008]. No significant effect was obtained for the two other groups.

*Leisure.* ANOVA revealed a Time effect for equipped TSA [t(13)=-2.18 ; p=.049]. No significant effect was obtained for the two other groups.

Thus, only the group of equipped ASD presents improved performance on post-intervention condition compared with the two other groups in three dimensions of EQCA-VS : Social skills, School skills and Leisure (see Figure 9.30). Results of the three groups on Autonomy and Communication are presented in Table 9.14.

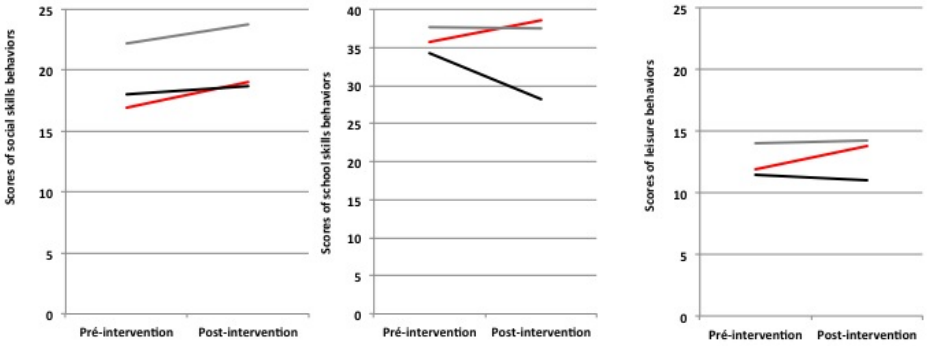



FIGURE 9.30 – Pre and post intervention scores of Social, School and Leisure behaviors of EQCA-VS for each group (Non-equipped ASD vs. Equipped ASD vs. Equipped ID).

***Social Response in school settings (SRS) (see Figure 9.31).*** MANOVA revealed two significant interaction effects with two factors : Time * Group [$F(2,45) = 3.63; p = .034; \eta^2 = .139$] and Time * SRS's domain [$F(4,180) = 6.26; p < .001; \eta^2 = .122$]. These two results are completed by partial ANOVA for each group.

*Partial MANOVA*

Regardless of the group, partial MANOVAs did not reveal any significant effect for Time factor [equipped ASD : $p > .150$; equipped ID : $p > .08$; non-equipped ASD : $p > .09$]. However, these analysis revealed a significant interaction effect Time * SRS's domain for equipped ASD [$F(4,52) = 2.82; p = .034; \eta^2 = .178$] and non-equipped ASD [$F(4,56) = 3.56; p = .012; \eta^2 = .203$). Post-hoc comparisons (Student t test) indicated a significant effect of Time

| | **Non-Equipped (n=15)** (Males=13) (Females=2) | | **Equipped (n=14)** (Males=14) (Females=0) | | **Equipped (n=19)** (Males=9) (Females=10) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Pre** | **Post** | **Pre** | **Post** | **Pre** | **Post** |
| **Autonomy** | | | | | | |
| M | 17.26 | 19.00 | 20.71 | 21.07 | 22.84 | 24.05 |
| (SD) | (7.78) | (1.54) | (2.00) | (9.60) | (1.98) | (7.90) |
| **Communication** | | | | | | |
| M | 21.60 | 21.80 | 20.07 | 20.14 | 23.84 | 23.84 |
| (SD) | (2.44) | (1.93) | (2.90) | (2.87) | (2.08) | (2.08) |

*SD=Standard Deviation*

Tableau 9.14 – Pre and Post intervention scores of Autonomy and Communication behaviors EQCA-VS for each group (Non-equipped ASD vs. Equipped ASD vs. Equipped ID).

factor for equipped ASD [$t(13) = 2.19; p = .047$] and for non-equipped children with ASD [$t(14) = 2.99; p = .010$] on the Motivation sub-domain. Moreover, a significant effect of Time factor has been reported for equipped ASD [$t(13) = 2.46; p = .029$] on the Repetitive behaviors sub-domain. Thus, equipped ID group did not exhibit significant improvements across time on any sub-domain of the SRS. In contrast, equipped ASD exhibited improved performance on post evaluation compared with pre evaluation on Repetitive behaviors sub-domain. Both ASD groups (*i.e.,* equipped and non-equipped) exhibited significant improvements across time on Motivation sub-domain.

***Socio-cognitive functioning (ToM neuropsychological tests) (see Figure 9.32).*** MANOVA revealed a simple interaction effect Time * Group [$F(2,45) = 3.78; p = .030; \eta^2 = .144$]. Partial MANOVAs revealed a significant effect for Time factor for equipped ASD [$F(1,13) = 30.87; p < .001; \eta^2 = .704$] and for equipped ID [$F(1,18) = 10.52; p = .005; \eta^2 = .369$]. No significant effect was reported for non-equipped ASD. Thus, these results indicated that non-equipped ASD did not significantly improve their performance across time. However, the two equipped groups exhibited significant improvements across time, with greater statistical effect for equipped ASD compared with equipped ID.

### 9.5.5 Discussion

To the best of our knowledge, no experimental study deployed and validated a technology aimed to both the assistance and the cognitive rehabilitation of children with ASD for

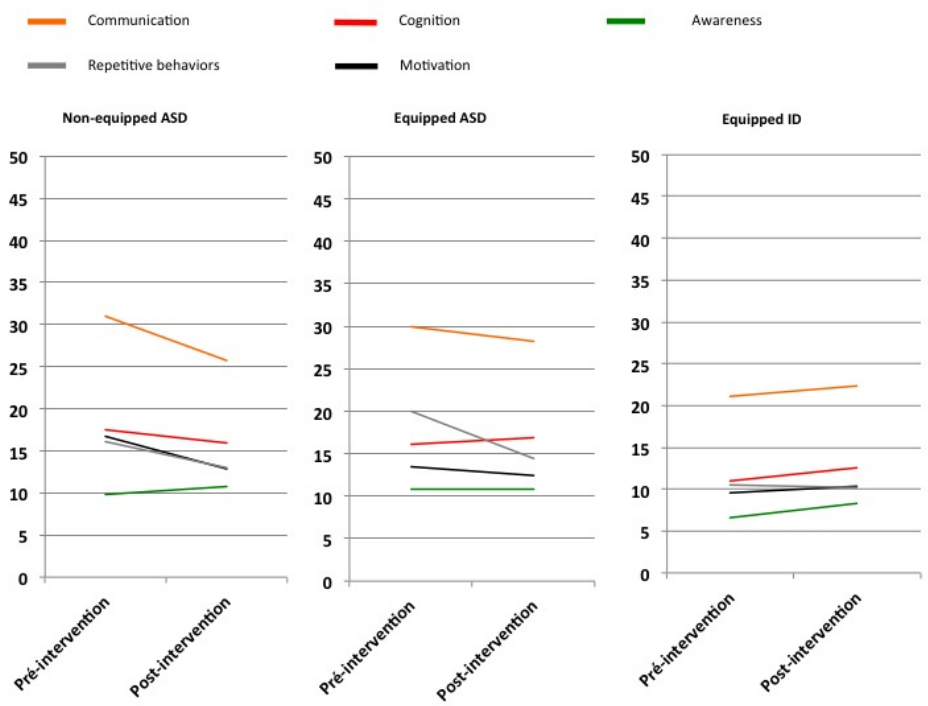



FIGURE 9.31 – Pre and post intervention scores on each domain of SRS for each group (Non-equipped ASD vs. Equipped ASD vs. DI Equipped ID).

their inclusion in mainstream classrooms. This section discusses results presented above, reporting significant improvements in terms of behavior adaptation and social response in school settings, and socio-cognitive functioning of children with ASD who were equipped with "School+" applications.

**"School+" : a relevant intervention for children with ASD in mainstream school settings**

The results of our study suggest that reported benefits in terms of behavior adaptation of children with ASD are related to the use of "School+" in this environment. Indeed, at end of the three-month intervention, only children with ASD who were equipped with "School+" applications significantly improved their behaviors, compared with non-equipped children with ASD. These improvements concerned social skills, school skills and leisure, as measured by EQCA-VS scale. This result is consistent with a preliminary study presenting improved task performance of 5 children with ASD (compared with 5 control) in mainstream classrooms when using a tablet-based activity schedule to assist classroom routines and verbal communication activities [Fage *et al.*, 2014]. Thus, the observation of enlarged benefits (social skills, school skills and leisure, 3 of the 5 studied dimensions) indicates that a global intervention efficiently reduces school disabilities of children with ASD. The association

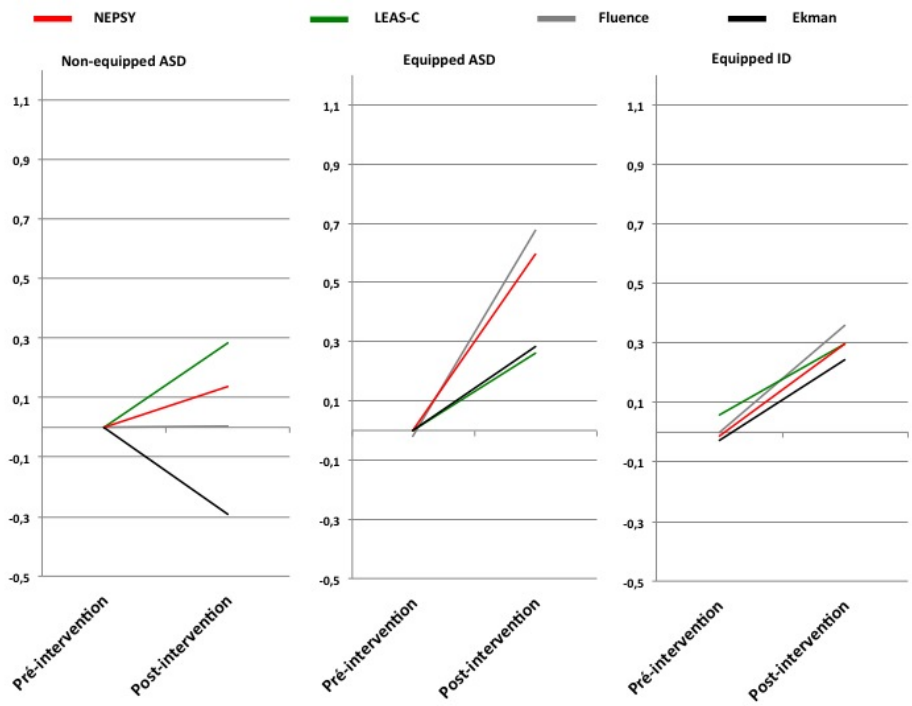



FIGURE 9.32 – Pre and post intervention scores on each sociocognitive test for each group (Non-equipped ASD vs. Equipped ASD vs. DI Equipped ID).

of compensatory in situ assistance, cognitive training on ToM processes, and executive functioning together allowed these benefits. As for the social response, measured by the SRS, children with ASD who were equipped with "School+" applications significantly decreased repetitive behaviors at the end of the intervention. This result could be related to the use of the emotion regulation application, which offers ubiquitous parental co-regulations to children with ASD. These visual supports are recognized as effective to allow children with ASD to cope with anxious episodes [Gulsrud *et al.*, 2010]. Regarding socio-cognitive functioning, our study also reveals that equipped children with ASD benefited from using "School+" applications. At the end of intervention, equipped children with ASD significantly increased their performance on ToM measures, including face memory, facial emotions identifications, emotion lexicon and self and others' emotional awareness.

***Application design suited for mainstream classrooms.*** School aides reported that children autonomously used our applications at the end of the three-month intervention in mainstream classrooms. Parents' scores on the USE questionnaire show the high usability of the "School+" package. The reported high usability of our technological support in a daily life environment may be underpinned by the design principles that have been implemented through our approach (presented in Material section). For example, the significant reduc-

tions of repetitive behaviors could be related to the idea that structured and predictable interfaces of applications reduces anxiety associated with mainstream environments for children with ASD [Hayes *et al.*, 2010]. More broadly, applying principles of successful cognitive behavioral interventions to the design of technological supports appeared to be suited for their usage in such stressful environments.

***A solution that can be enriched.*** Nonetheless, it is to be noted that difficulties related to communication and autonomy, as measured by EQCA-VS, have not been significantly improved in "School+" intervention. Similarly, no significant decrease of Communication, Cognition and Awareness has been observed, as assessed by SRS. Several explanations can possibly be formulated. First, the short intervention time (*i.e.,* 3 months) could justify the absence of significant effects. Second, the spectrum of assistances and rehabilitations currently implemented in "School+" do not cover all the needs in terms of communication and autonomy in school settings. For instance, for rehabilitation applications, social stories [Nikopoulos et Keenan, 2007] or even problem solving [Sansosti et Powell-Smith, 2008] aimed towards school settings could allow wider benefits, especially on aforementioned domains.

**"School+" : specific and transversal benefits across populations**

The inclusion of a group of children with another condition (*i.e.,* Intellectual Disabilities), also equipped with our technology, allowed us to enrich our results with two main elements. First, benefits from using "School+" are not reported for children with ID on either socio-adaptive behaviors (measured by EQCA-VS) or social response (measured by SRS). This suggests a specific efficacy of these applications for children with ASD. As such, these results confirm the work presented by Fage *et al.* where children with ID improved on school routines but not on communication routines [Fage *et al.*, 2015]. However, unlike this previous work, we now have a larger number of participants, strengthening the observed statistical effects. It is also to be noted that the absence of a significant decrease of the SRS dimensions for children with ID is consistent with the literature, since such behaviors, usually related to ASD, are less common among children with ID [Benson et Fuchs, 1999]. Second, unlike other dimensions, children with ID exhibited significant improvements on measures of ToM mechanisms. More specifically, statistical effects were stronger for children with ASD ($\eta^2 = .704$) than for children with ID ($\eta^2 = .369$). Simultaneously, children with ASD who did not follow "School+" training exhibited statistically equal performance across time. This result suggests that children with ID benefited from using "School+" applications in terms of socio-cognitive functioning. Moreover, these different results are strengthened by interaction data indicating no statistical differences between the two equipped groups in terms of amount of uses of the "School+" applications during the intervention time. In other words, when using equally our assistive and rehabilitation applications, children with ASD increased their socio-adaptive behaviors and their social response, while children with

ID exhibited no significant differences across time on these domains. However, both groups significantly increased their performance on ToM mechanisms.

**A systematic approach for global benefits**

Benefits of systematic approaches for children with ASD have previously been highlighted in numerous studies [Ospina *et al.*, 2008]. Results of our intervention suggest that such approaches, usually implemented in specialized settings, can also be suited for mainstream environments (*e.g.,* schools) thanks to the new opportunities provided by technological supports. As proposed in interventions such as Lovaas or TEACCH, "School+" relies on a close collaboration between families and school staffs to propose contents that are personalized to each child [Lovaas, 1987 ; Panerai *et al.*, 2002]. Moreover, it is to be noted that the two groups of children with ASD (*i.e.,* equipped and non-equipped) significantly improved their behaviors on motivation towards social interactions at the end of the three-month intervention in mainstream classrooms. Consistent with the literature, which emphasizes the benefits of inclusion in mainstream environments in terms of social participation of children with ASD [Hunt et McDonnell, 2007]. This result urges researchers to do more work toward the inclusion of children with ASD in mainstream environments. Finally, our experimental study had positive effects on inclusion plans of participating schools. Our intervention allowed some children, who used to be identified by school staff as "misfit for inclusion in mainstream classrooms", to benefit from such an inclusion with sometimes dramatic improvements of their socio-adaptive and autonomy behaviors. This situation resulted in increasing time spent in inclusion, and even attending new classes in mainstream classrooms for some participants.

**Limitations and perspectives**

Regarding experimentation duration, one hour per week during three months represents a very short time to validate a technology-based intervention. Given this short time of intervention, reported benefits in terms of socio-adaptive behaviors and socio-cognitive functioning suggest that the "School+" solution is particularly relevant to support school inclusion of children with ASD. A longitudinal study, with evaluation after 6 months and after 9 months of use for instance, could strengthen these results and evaluate the durability of these effects (*i.e.,* upholding of adaptive behaviors across time), as well as socio-cognitive functioning of equipped children with ASD (on ToM processes). Experience from each stakeholder involved in the project has been capitalized, as well as their suggestions to improve this kind of intervention. Hence, to further explore avenues opened by our approach, an interesting direction could be adding contents by creating new activity schedules to cover as many school setting tasks as possible. In the same vein, enrichment of rehabilitation applications contents could allow to obtain greater benefits in terms of socio-cognitive functioning.

### 9.5.6 Conclusion

This study presents an intervention that relies on a set of mobile applications, “School+”, to support school inclusion of children with ASD in mainstream classrooms. These assistive and rehabilitation applications have been used for three months by 33 children (14 children with ASD and 19 children with ID) from special-education classrooms, during their first inclusion in mainstream classrooms in secondary schools. Fifteen children with ASD, who were not equipped with the applications, also participated to our study as a comparative group ; the group of equipped children with ID allowed us to verify whether observed benefits were specific to the target population (ASD) or common with others (ID for instance). Equipped children with ASD exhibited improvements on three domains of socio-adaptive behaviors (social skills, school skills, and leisure), two domains of social response (motivation and repetitive behaviors), and sociocognitive functioning (as assessed by four neuropsychological tests). Equipped children with ID also exhibited improved performance on these tests at the end of the intervention. Thanks to a systematic approach, based both on in situ assistance and cognitive training of socio-cognitive processes, the three-month intervention based on “School+” applications allowed participants with ASD to be more included in mainstream classrooms for better social participation. Taken together, these results are promising and support the integration of technological tools in therapeutic and compensatory interventions for children with ASD.

***Acknowledgements.*** The authors would like to give special thanks to the French Ministère de l’Éducation Nationale, as well as the Orange Foundation, which funded this project and allowed a large-scale experimentation in real settings. We would also like to deeply thank all the children, their families and school staff who accepted to actively participate to this study with their enthusiasm.

### 9.5.7 Appendix

| Sub-domain | Time | Non-equipped ASD | Equipped ASD | Equipped ID |
|---|---|---|---|---|
| Communication | Pre intervention | M=21.60 $\sigma = 9.44$ | M=20.07 $\sigma = 10.86$ | M=23.94 $\sigma = 9.08$ |
| | Post intervention | M=21.80 $\sigma = 7.47$ | M=20.14 $\sigma = 10.73$ | M=23.84 $\sigma = 9.08$ |
| Social skills | Pre intervention | M=18.00 $\sigma = 8.85$ | M=16.93 $\sigma = 10.22$ | M=23.21 $\sigma = 9.47$ |
| | Post intervention | M=18.73 $\sigma = 7.53$ | M=19.00 $\sigma = 11.24$ | M=24.68 $\sigma = 9.72$ |
| Autonomy | Pre intervention | M=17.20 $\sigma = 7.78$ | M=20.71 $\sigma = 7.49$ | M=22.84 $\sigma = 8.61$ |
| | Post intervention | M=19.00 $\sigma = 5.96$ | M=21.07 $\sigma = 9.60$ | M=24.05 $\sigma = 7.90$ |
| School skills | Pre intervention | M=34.20 $\sigma = 14.40$ | M=35.71 $\sigma = 8.82$ | M=38.05 $\sigma = 11.16$ |
| | Post intervention | M=28.20 $\sigma = 12.98$ | M=38.64 $\sigma = 10.32$ | M=37.89 $\sigma = 10.79$ |
| Leisure | Pre intervention | M=11.40 $\sigma = 6.19$ | M=11.86 $\sigma = 5.45$ | M=14.47 $\sigma = 6.70$ |
| | Post intervention | M=11.00 $\sigma = 3.82$ | M=13.79 $\sigma = 6.75$ | M=14.68 $\sigma = 6.66$ |

Tableau 9.15 – Means and Standard Deviations on subdomains of EQCA-VS for each group (Non-equipped ASD vs. Equipped ASD vs. Equipped ID).

| Sub-domain | Time | Non-equipped ASD | Equipped ASD | Equipped ID |
|---|---|---|---|---|
| Communication | Pre intervention | M=30.93 $\sigma = 13.18$ | M=30.00 $\sigma = 12.84$ | M=20.05 $\sigma = 10.05$ |
| | Post intervention | M=25.73 $\sigma = 8.79$ | M=28.14 $\sigma = 12.38$ | M=21.42 $\sigma = 11.15$ |
| Cognition | Pre intervention | M=17.47 $\sigma = 8.15$ | M=16.07 $\sigma = 8.65$ | M=10.00 $\sigma = 7.67$ |
| | Post intervention | M=15.93 $\sigma = 5.80$ | M=16.93 $\sigma = 9.19$ | M=11.74 $\sigma = 6.95$ |
| Awareness | Pre intervention | M=9.80 $\sigma = 5.00$ | M=10.86 $\sigma = 5.63$ | M=5.84 $\sigma = 4.19$ |
| | Post intervention | M=10.80 $\sigma = 2.81$ | M=10.79 $\sigma = 5.29$ | M=7.68 $\sigma = 4.18$ |
| Motivation | Pre intervention | M=16.73 $\sigma = 6.47$ | M=13.43 $\sigma = 4.82$ | M=8.89 $\sigma = 5.35$ |
| | Post intervention | M=12.87 $\sigma = 4.24$ | M=12.43 $\sigma = 5.14$ | M=9.74 $\sigma = 5.59$ |
| Repetitive behaviors | Pre intervention | M=16.13 $\sigma = 6.83$ | M=19.93 $\sigma = 14.04$ | M=9.53 $\sigma = 7.78$ |
| | Post intervention | M=13.00 $\sigma = 7.58$ | M=14.43 $\sigma = 10.11$ | M=9.16 $\sigma = 6.97$ |

Tableau 9.16 – Means and Standard Deviations on subdomains of SRS for each group (Non-equipped ASD vs. Equipped ASD vs. Equipped ID).

| Sub-domain | Time | Non-equipped ASD | Equipped ASD | Equipped ID |
|---|---|---|---|---|
| Emotional fluency | Pre intervention | M=.00 $\sigma$ = 1.00 | M=-.01 $\sigma$ = 1.03 | M=.01 $\sigma$ = 1.02 |
| | Post intervention | M=.00 $\sigma$ = .89 | M=.68 $\sigma$ = 1.03 | M=.38 $\sigma$ = .82 |
| Emotional Awareness | Pre intervention | M=.00 $\sigma$ = 1.00 | M=.00 $\sigma$ = .96 | M=-.05 $\sigma$ = 1.00 |
| | Post intervention | M=.28 $\sigma$ = .68 | M=.26 $\sigma$ = 1.25 | M=.28 $\sigma$ = .86 |
| Faces memory | Pre intervention | M=.00 $\sigma$ = 1.00 | M=.00 $\sigma$ = .96 | M=.00 $\sigma$ = .97 |
| | Post intervention | M=.14 $\sigma$ = .87 | M=.60 $\sigma$ = .90 | M=.36 $\sigma$ = 1.00 |
| Facial emotion identification | Pre intervention | M=.00 $\sigma$ = 1.00 | M=.00 $\sigma$ = .96 | M=-.05 $\sigma$ = 1.00 |
| | Post intervention | M=-.29 $\sigma$ = .90 | M=.28 $\sigma$ = .82 | M=.25 $\sigma$ = 1.03 |

Tableau 9.17 – Means and Standard Deviations on tests measuring ToM processes for each group (Non-equipped ASD vs. Equipped ASD vs. Equipped ID).

| **Measured ability** | **Global MANOVA** | | | | | | **Student t test** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Time effect* | *Measure effect* | *Time x Group interaction* | *Measure x Group interaction* | *Time x Measure interaction* | *Time x Measure x Group interaction* | |
| **Adaptive school behaviors** | F(1,45)= .83 p=.369 $\eta^2$ = .018 | F(4,180)= 152.78 p<.001 $\eta^2$ = .772 | F(2,45)= 1.70 p=.194 $\eta^2$ = .070 | F(8,180)= 1.94 p=.056 $\eta^2$.079 | F(4,180)= 3.20 p=.14 $\eta^2$ = .066 | F(8,180)= 4.34 p<.001 $\eta^2$ = .162 | See Tab 9.19 |
| **Social Response** | F(1,45) F(1,45)=2.80 p=.101 $\eta^2$ = .059 | F(4,180) 104 p<.001 $\eta^2$ = .698 | F(2,45) 3.63 p=.034 $\eta^2$ = .139 | F(8,180) 1.34 p=.228 $\eta^2$ = .056 | F(4,180) 6.26 p<.001 $\eta^2$ = .122 | F(8,180) 1.81 p=.078 $\eta^2$ = .074 | - |
| **Socio-cognitive functio-ning** | F(1,45)= 19.06 p<.001 $\eta^2$ = .298 | F(4,180)= .68 p=.567 $\eta^2$ = .015 | F(2,45)= 3.78 p=.030 $\eta^2$ = .144 | F(8,180)= .30 p=.013 $\eta^2$ = .013 | F(4,180)= F(1.43 p=.031 $\eta^2$ = .031 | F(8,180)= F(.93 p=.040 $\eta^2$ = .040 | - |

Tableau 9.18 – Global MANOVA effects on all three measured abilities.

| EQCA-VS Sub-domains | Non-equipped | Equipped ASD | Equipped ID |
|---|---|---|---|
| **Communication** | t(14)=.146<br>p=.886 | t(13)=-1.00<br>p=.336 | t(18)=<br>p= |
| **Social skills** | t(14)=.416<br>p=.684 | t(13)=-2.354<br>p=.035 | t(18)=-1.527<br>p=.144 |
| **Autonomy** | t(14)=-1.304<br>p=.213 | t(13)=-.324<br>p=.751 | t(18)=-1.985<br>p=.063 |
| **School skills** | t(14)=2.064<br>p=.058 | t(13)=-3.114<br>p=.008 | t(18)=.232<br>p=.819 |
| **Leisure** | t(14)=.282<br>p=.782 | t(13)=-2.176<br>p=.049 | t(18)=.809<br>p=.429 |

Tableau 9.19 – Student t test effects for sub-domains of Adaptive Behaviors measure (EQCA-VS).

| **Measured ability** | **Group** | **Partial MANOVA** | | | **Student t test** |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Time effect* | *Measure effect Measure interaction* | *Time x* | |
| **Social Response (SRS)** | Non-equipped ASD | F(1,14)=3.20<br>p=.095<br>$\eta^2$ = .186 | F(4,56)=44.10<br>p<.001<br>$\eta^2$ = .759 | F(4,56)=3.56<br>p=.012<br>$\eta^2$ = .203 | See Tab 9.21 |
| | Equipped ASD | F(1,13)=2.11<br>p=.170<br>$\eta^2$ = .139 | F(4,52)=28.06<br>p<.001<br>$\eta^2$ = .683 | F(4,52)=2.82<br>p=.034<br>$\eta^2$ = .178 | See Tab 9.21 |
| | Equipped ID | F(1,18)=3.30<br>p=.086<br>$\eta^2$ = .155 | F(4,72)=34.78<br>p<.001<br>$\eta^2$ = .659 | F(4,72)=1.78<br>p=.165<br>$\eta^2$ = .085 | - |
| **Socio-cognitive functioning (Neuro-psychological tests)** | Non-equipped ASD | F(1,14)=3.06<br>p=.808<br>$\eta^2$ = .004 | F(3,42)=.83<br>p.486<br>$\eta^2$ = .056 | F(3,42)=1.77<br>p=.168<br>$\eta^2$ = .112 | - |
| | Equipped ASD | F(1,13)=30.89<br>p<.001<br>$\eta^2$ = .704 | F(3,39)=.54<br>p=.655<br>$\eta^2$ = .040 | F(3,39)=1.35<br>p=.272<br>$\eta^2$ = .094 | - |
| | Equipped ID | F(1,18)=10.52<br>p=.005<br>$\eta^2$ = .369 | F(3,54)=.10<br>p.989<br>$\eta^2$ = .006 | F(3,54)=.04<br>p=.989<br>$\eta^2$ = .002 | - |

Tableau 9.20 – Partial MANOVA effects for Social Response and Socio-cognitive functioning measures.

| SRS Sub-domains | Non-equipped | Equipped ASD |
|---|---|---|
| **Communication** | t(14)=1.809<br>p=.092 | t(13)=.809<br>p=.433 |
| **Cognition** | t(14)=1.06<br>p=.307 | t(13)=-5.545<br>p=.595 |
| **Awareness** | t(14)=-.885<br>p=.391 | t(13)=.072<br>p=.944 |
| **Motivation** | t(14)=2.998<br>p=.010 | t(13)=2.188<br>p=.047 |
| **Repetitive behaviors** | t(14)=1.752<br>p=.102 | t(13)=2.463<br>p=.029 |

Tableau 9.21 – Student t test effects for sub-domains of Social Response measure (SRS).

CHAPITRE

# 10 Discussion, limites et perspectives

*Ce chapitre revient en profondeur sur les résultats des trois études présentées dans la partie empirique. Il discute de la pertinence des applications* Collège+ *pour l'inclusion scolaire des enfants avec TSA en classe ordinaire, et du travail encore en cours, sans en oublier les limites et les larges perspectives ouvertes par ce travail.*

## Sommaire


10.1 Des applications pertinentes pour l'inclusion scolaire des enfants avec TSA **222**
10.2 Limites . . . . . **228**
10.3 Perspectives . . . . . **230**

Les trois études présentées dans ce document avaient pour ambition de répondre aux limitations de l'existant en termes de technologies d'assistance à l'inclusion scolaire des enfants avec TSA, et ce en classe ordinaire. Notamment, l'absence de référentiel de conception de technologies d'assistance pour l'inclusion en classe ordinaire d'enfants avec TSA ainsi que sa validation expérimentale *in situ* nous ont conduit à concevoir, déployer et tester des applications d'assistance et d'entrainement cognitifs auprès de 48 enfants en classe ordinaire et au domicile. L'évaluation a concerné à la fois les aspects d'utilisabilité et de prise en main des applications en classe, leur utilisation en classe et au domicile, ainsi que les bénéfices en termes de comportements socio-adaptatifs et de fonctionnement sociocognitif.

## 10.1 Des applications pertinentes pour l'inclusion scolaire des enfants avec TSA

### 10.1.1 Applications d'assistance en situation

**Etude 1**

La première étude concernait la conception de technologies mobiles pour l'assistance des élèves avec TSA en classe ordinaire. Reprenant les principes des programmes d'activités largement répandus dans la prise en charge de ces enfants, elle présente les résultats d'un travail collaboratif en amont avec toutes les parties prenantes autour de l'enfant : familles, thérapeutes, équipes pédagogiques (enseignants spécialisés, AVS, *etc.*) et chercheurs. Les principes de conception identifiés ont été implémentés sous la forme de deux applications à l'interface identique. L'une visait l'assistance des routines de classe, l'autre l'assistance des routines communicationnelles au sein de la classe ordinaire. Ces applications ont été utilisées à la fois par des enfants avec TSA, en comparaison avec des participants TSA non-équipés (étude a) et par des enfants avec DI, dont les résultats étaient comparés aux TSA équipés (étude b). Après 3 mois d'utilisation, les données ont révélé que l'utilisation des applications est rapidement auto-initiée par l'enfant (après deux mois pour la quasi-totalité des participants). De plus, les routines assistées, évaluées au moyen d'un questionnaire spécialement conçu pour cette expérimentation, étaient significativement mieux réalisées à la fin de l'expérimentation pour les participants avec TSA équipés des applications d'assistance. L'étude b a révélé une efficacité mitigée auprès des enfants avec DI. En effet, ces derniers n'étaient pas autonomes dans l'utilisation des applications après 3 mois d'utilisation (*i.e.*, nécessité d'une supervision par l'AVS), et leurs performances dans les routines communicationnelles n'ont pas été améliorées.

Ces résultats démontrent la pertinence des principes de conception identifiés pour l'utilisation de technologies d'assistance en classe ordinaire. Par ailleurs, ces résultats sont également en faveur de la conception participative ou co-design pour cibler les milieux de

vie quotidienne, afin d'assurer utilisabilité et pertinence des solutions proposées [Pihlainen-Bednarik, 2012]. Cette étude explore le déploiement d'une technologie dans un environnement fortement contraint (*i.e.,* la classe ordinaire), et généralement réfractaire à l'utilisation des nouvelles technologies [Ertmer *et al.*, 2000 ; Ertmer, 2005 ; Ertmer et Ottenbreit-Leftwich, 2010]. L'étude fait état des difficultés à accorder les objectifs des différentes parties prenantes parfois antinomiques : par exemple, les thérapeutes voulaient encourager l'expression orale quand les enseignants voulaient éviter les bavardages. Des consensus ont dû être trouvés, en témoigne l'inclusion de tous les élèves des ULIS ciblées dans le protocole expérimental. Enfin, l'étude rapporte des effets plus globaux sur la prise en charge des élèves aux besoins spécifiques, comme la réussite de l'inclusion de certains élèves, jusqu'alors écartés du processus d'inclusion en classe ordinaire.

**Etude 2**

La deuxième étude présente la conception et la validation d'une application d'assistance cognitive à la régulation émotionnelle. Cette application a été conçue en collaboration avec toutes les parties prenantes de l'inclusion scolaire des enfants avec TSA, selon les modèles globaux de prise en charge [Prizant *et al.*, 2003] ainsi que l'expertise des parents. Les premières proposent principalement un entrainement à l'autorégulation des émotions par le biais de supports visuels (*e.g.,* émoticônes) quand les secondes reposent sur la présence du parent pour co-réguler les émotions de l'enfant. L'application mobile permet donc d'embarquer l'ensemble de ces solutions au travers de supports visuels alliant une interface qui implémente les principes de l'autorégulation à des contenus idiosyncratiques choisis ou créés avec les familles. Les équipes pédagogiques ont permis d'expliciter le fonctionnement de la classe afin d'à la fois dégager des contraintes contextuelles à intégrer dans la conception (*e.g.,* séquences courtes, pas de sons) et identifier des scénarios d'utilisation de l'application au sein de la classe ordinaire en vue de soutenir les activités cibles. Dans le cadre d'une intervention de 3 mois en classe ordinaire qui impliquait 48 élèves (29 avec TSA et 19 avec DI), des mesures concernant 3 domaines ont été réalisées : utilisabilité et utilisation de l'application en situation, efficacité de l'application en termes d'adaptation des comportements en classe et efficacité de la solution en termes de remédiation cognitive des processus de ToM (1er niveau). Les résultats de l'étude rapportent une efficacité de cette application sur ces trois plans pour les enfants avec TSA. En effet, à la fin de l'intervention, les participants étaient autonomes dans leur utilisation de l'application dans l'environnement stressant que représente la classe ordinaire. Ils présentaient une augmentation significative des scores d'adaptation de leurs comportements par rapport au groupe de TSA non-équipés, et ont vu leurs performances aux tests neuropsychologiques de fluence et conscience émotionnelles significativement améliorés. Cette dernière mesure fait état d'une généralisation inattendue des résultats : l'utilisation de l'application améliore des capacités transverses à toutes les situations qui nécessitent une régulation émotionnelle. De plus, si les participants avec DI n'ont pas vu s'améliorer l'adaptation de leurs compor-

tements en classe (déjà au-dessus des participants avec TSA), ils ont néanmoins amélioré leurs performances aux deux tests neuropsychologiques évaluant des processus de ToM impliqués dans la régulation émotionnelle. En d'autres termes, même si les comportements étaient déjà relativement adaptés, l'utilisation de cette application a tout de même permis la remédiation du fonctionnement sociocognitif des enfants avec DI.

Ces deux études visaient à répondre aux limitations de l'existant sur le plan de la conception de technologies d'assistance pour les environnements de vie quotidienne. Les résultats rapportés sont encourageants pour la diffusion de telles technologies au cœur de ces environnements, permettant une assistance cognitive *in situ*. Un travail collaboratif avec les acteurs de terrain peut permettre de surmonter les barrières d'une diffusion de la technologie et d'une expérimentation en environnement écologique [Ertmer et Ottenbreit-Leftwich, 2010].

Pris globalement, ces résultats sont en faveur d'une assistance en situation et dans l'environnement de vie quotidienne. En effet, cette assistance permet à la fois une meilleure réalisation de la tâche (*i.e.*, routines ou régulation émotionnelle) mais également l'apprentissage desdites tâches. En effet, l'étude 1 révèle que les participants avec TSA utilisaient moins l'application d'assistance aux routines scolaire durant le troisième mois d'inclusion, alors même que leurs performances s'amélioraient. Ainsi, les routines semblent acquises, ne nécessitant plus d'assistance. L'étude 2 révèle quant à elle que l'utilisation de l'application de régulation émotionnelle a permis des améliorations dans le fonctionnement sociocognitif lui-même, à la manière d'une intervention de remédiation neurocognitive. Ainsi, dans ces deux cas, l'assistance prend la forme d'un apprentissage dit « sans erreur », permettant un réentrainement des compétences ciblées. En termes d'implémentation des solutions numériques, ce résultat se traduit par une flexibilité des contenus, pour permettre d'accompagner l'enfant tout au long de sa trajectoire développementale [Hayes *et al.*, 2010].

### 10.1.2 Une intervention systématique pour des bénéfices globaux

**Etude 3**

La troisième étude présente une intervention systématique basée sur un package d'applications d'assistance et d'entrainement pour soutenir l'inclusion scolaire d'enfants avec TSA en classe ordinaire. Ces applications ont été testées dans le cadre d'une intervention de 3 mois en classe ordinaire et au domicile auprès de 48 participants (14 enfants avec TSA équipés, 15 enfants avec TSA non-équipés, 19 enfants avec DI équipés). Ici encore, 3 types de mesures ont été réalisées : elles concernaient l'utilisabilité et l'utilisation des applications, l'efficacité en termes d'adaptation du comportement ainsi que l'efficacité en termes de remédiation neurocognitive. Cette CBT basée sur un support numérique a ainsi permis aux élèves avec TSA équipés de prendre rapidement en main les applications, ce qui leur a permis d'améliorer l'adaptation de leurs comportements (ainsi que leur réponse sociale) en classe et leur fonctionnement sociocognitif dans le domaine de la cognition sociale

(*i.e.,* processus de ToM). Les participants avec DI ont également affiché des améliorations significatives dans leur fonctionnement sociocognitif.

Cette étude visait à répondre aux limitations de l'existant identifiées dans la partie théorique de ce travail. Notamment, des manques sont constatés en termes d'outils numériques pour l'assistance des enfants avec TSA en environnement de vie quotidienne ainsi que de leur validation expérimentale. Par l'implication de l'ensemble des parties prenantes (familles, équipes pédagogiques, thérapeutes, chercheurs) autour de l'enfant, ce travail collaboratif a permis la conception, le déploiement et l'expérimentation au sein même des classes ordinaires et du domicile des enfants. Ainsi, cette étude explore le déploiement d'applications d'assistance et d'entrainement cognitifs directement dans ces environnements de vie quotidienne, lieux d'inclusion des enfants avec TSA.

À travers une expérimentation impliquant un nombre satisfaisant de participants (N=48), des mesures ont été réalisées à la fois sur le plan des comportements ciblés au travers d'outils normés (*i.e.,* EQCA-VS, SRS) ainsi que des mesures normées des mécanismes sociocognitifs ciblés (*i.e.,* test Ekman sur la reconnaissance des émotions faciales, fluence émotionnelle) mais également des mesures de transfert des apprentissages sur des mécanismes non-entrainés (*i.e.,* NEPSY sur la mémoire des visages, LEAS-C sur la conscience émotionnelle). Enfin, les nouvelles technologies peuvent également être un nouveau support d'évaluation en situation par le biais de mesures objectives difficilement accessibles par l'homme [Goodwin, 2008]. Le nombre et la fréquence d'utilisation des applications, de même que la nature des contenus sélectionnés peuvent par exemple se révéler des données précieuses pour une adaptation quasiment en temps réel de la prise en charge. En effet, grâce à la fonctionnalité de suivi des performances dans les applications d'entrainement du package *Collège+*, les aidants (équipes pédagogiques et thérapeutes) peuvent accorder leur rôle d'accompagnement autour d'un même support, comme proposé aussi bien dans les CBT à l'efficacité documentée [Panerai *et al.*, 2002 ; Prizant *et al.*, 2003 ; Leaf *et al.*, 2015] que dans les dispositifs technologiques soutenant le rôle de l'enseignant spécialisé [Hirano *et al.*, 2010 ; Hayes *et al.*, 2008].

L'expérimentation comprenait un groupe cible (*i.e.,* enfants avec TSA équipés) et deux groupes contrôles : enfants TSA non-équipés et enfants non-TSA équipés (*i.e.,* enfants avec DI). Le premier a permis d'évaluer spécifiquement l'impact de l'intervention *Collège+*, c'est-à-dire l'utilisation des applications d'assistance et d'entrainement, par rapport à une inclusion scolaire sans support numérique. Ainsi les bénéfices liés uniquement à l'inclusion scolaire elle-même ont été contrôlés. Les effets positifs de l'inclusion apparaissent dans chacune des 3 études sous des formes diverses. Dans l'étude 1, les élèves avec TSA non-équipés ont progressé sur les routines communicationnelles en classe, témoignant d'un apprentissage des protocoles sociaux au cours des 3 mois d'expérimentation. Néanmoins, dans le même temps, les enfants TSA équipés progressaient significativement plus dans la réalisation de ces routines. Dans l'étude 2, les enfants TSA contrôles ont légèrement progressé sur le plan des comportements adaptés, sans progresser sur le plan du fonctionnement sociocognitif. Enfin, dans l'étude 3, les enfants TSA contrôles ont vu 4 des 5 indicateurs

d'adaptation de leur réponse sociale (mesurée par la SRS) améliorés, dont un de façon significative, au terme des 3 mois d'expérimentation, de même que leurs performances (très légèrement) dans deux tests neuropsychologiques évaluant les mécanismes de ToM (*i.e.*, NEPSY et LEAS-C). Ici encore, dans le même temps, les enfants TSA équipés des applications *Collège+* progressaient significativement plus que leurs camarades non-équipés. Ces résultats, en accord avec la littérature, sont en faveur d'une généralisation de l'inclusion scolaire des enfants avec TSA en classe ordinaire, en accompagnant à la fois les enfants et les équipes pédagogiques dans ce processus [Hunt et McDonnell, 2007]. Le second groupe contrôle s'intégrait dans une approche cross-syndrome de la prise en charge [Sigman et Ruskin, 1999]. Cette approche consiste à proposer une intervention similaire à deux populations différentes qui partagent certains troubles dans un environnement commun afin d'établir les aspects transverses et spécifiques des bénéfices de cette intervention à travers ces deux populations. Dans chacune des études présentées, la comparaison entre les deux groupes équipés (*i.e.*, TSA et DI) a révélé des informations pertinentes pour la prise en charge de ces deux populations. L'étude 1 a démontré que si les principes de conception des programmes d'activités semblaient adaptés aux deux groupes (progrès significatifs dans la réalisation des routines de classe), leur pertinence pour les activités communicationnelles des enfants avec DI apparaît limitée. Dans l'étude 2, bien que l'adaptation de leurs comportements en classe n'a pas évolué de façon significative, les enfants avec DI ont vu leur fluence et conscience émotionnelles significativement améliorées au terme de l'expérimentation. Enfin, dans l'étude 3, des améliorations ont été enregistrées sur les 4 indicateurs du fonctionnement sociocognitif des enfants avec DI. Ces résultats fournissent donc des éléments pour une préconisation d'assistance auprès de ces deux populations, majoritaires dans les effectifs des classes spécialisées [Caraglio et Delaubier, 2012].

Les résultats de ces 3 études apparaissent encourageants pour la prise en charge des enfants avec TSA en vue de favoriser leur inclusion scolaire en classe ordinaire. Et d'autres résultats issus de ce présent travail de thèse viendront étayer une telle conclusion.

### 10.1.3 Travail en cours

Actuellement, deux pistes de travail sont en cours d'exploration. La première consiste en une approche plus analytique de l'impact des assistants de communication de *Collège+* sur les comportements de communication verbale et non verbale enregistrée en classe ordinaire. La seconde concerne l'étude des déterminants cognitifs aux limitations des comportements socio-adaptatifs en classe.

#### Etude de l'impact de *Collège+* sur les comportements communicationnels

Dans le cadre de l'expérimentation menée en classe ordinaire, une autre mesure a été effectuée : des enregistrements vidéos *in situ*. Ils ont été réalisés au moyen d'un ordinateur portable embarqué par l'AVS, qui accompagnait chaque participant en inclusion. Ces vi-

déos, d'une durée d'une heure chacune (durée du cours), ont été capturées pour chaque participant équipé des applications *Collège+* en pré-intervention (baseline d'observations avant l'introduction de la technologie d'assistance), pendant l'intervention (1 enregistrement à la fin de chaque mois) ainsi qu'en post-intervention. Ainsi, un minimum de 5h d'enregistrement a été récolté pour chacun des 33 participants équipés (TSA et DI).

Nous avons utilisé le protocole proposé par Hetzroni et Tannous [Hetzroni et Tannous, 2004] proposant une grille de cotation des comportements communicationnels enregistrés, selon deux aspects : la pragmatique de la communication et la qualité de l'interaction sociale. La pragmatique de la communication est évaluée à travers 4 types d'indicateurs verbaux : 1) Le nombre d'interactions sociales initiées ou reçues ; 2) le nombre de phrases pertinentes et non pertinentes, et 3) la complexité des énoncés verbaux ; et 4) le nombre d'écholalies immédiates et différées. La qualité de l'interaction sociale est évaluée à travers une grille évaluant les étapes de chaque échange : 1) Sa mise en place (appelle, regarde, comprend *etc.*) ; 2) Son développement (écoute) ; 3) Sa conséquence (répond ou fait) ; 4) Si l'individu la termine correctement selon les codes sociaux admis.

Nos résultats indiquent des améliorations significatives des indicateurs verbaux sous-tendant les aspects pragmatiques de la communication après l'intervention Collège + chez tous les enfants et en particulier ceux présentant des TSA. En revanche, aucune amélioration n'est observée concernant la qualité de l'interaction sociale. Ces résultats soutiennent la validité de l'outil *Collège+* pour soutenir les aspects pragmatiques de communication verbale des enfants avec TSA. Ils soulignent également la nécessité d'intégrer dans le dispositif *Collège+* d'assistance à la communication des aides pour la communication implicite afin d'améliorer également l'aspect qualitatif de l'échange. Une telle adaptation de l'outil *Collège+* est tout à fait envisageable étant donnée la flexibilité du système de prompting en termes d'étapes séquencées.

**Etude des déterminants cognitifs aux difficultés socio-adaptatives**

D'autre part, si la littérature a pu identifier des liens entre limitation des comportements socio-adaptatifs et facteurs généraux (QI, [Kanne *et al.*, 2011] ; sévérité des troubles, [Kenworthy *et al.*, 2010]), le rôle de facteurs plus spécifiques, et notamment des processus socio-cognitifs, comme ceux de la ToM, ou encore les processus exécutifs n'a pas été investigué. Or, les données relatives à l'adaptation des comportements en classe et au fonctionnement cognitif des participants (QI, processus socio-cognitifs, fonctionnement exécutif) récoltées en pré-intervention permettent d'investiguer si les difficultés socio-adaptatives peuvent être prédites par des déterminants cognitifs spécifiques, et en particulier le fonctionnement socio-cognitif et le fonctionnement exécutif. Identifier le rôle de ces déterminants à la survenue des difficultés socio-adaptatives scolaires permettrait notamment de mieux prioriser les interventions de remédiation [Van Hees *et al.*, 2015]. Après avoir construit à l'aide d'une ACP deux facteurs indépendants (Facteur socio-cognitif et Facteur exécutivo-attentionnel), des analyses de régressions ascendantes et descendantes ont été conduites

sur les dimensions de l'EQCA-VS et de l'échelle SRS (complétée par les professeurs). Quelle que soit la dimension considérée de l'EQCA-VS ou de la SRS, chez les élèves avec TSA le meilleur prédicteur est toujours le facteur « socio-cognitif » (avec des variances expliquées allant de 20 à plus de 80%). A la différence, pour les élèves avec DI ou difficultés d'apprentissages, les comportements socio-adaptatifs semblent être plus multi-déterminés avec une contribution variable mais toujours conjointe du facteur socio-cognitif et du facteur exécutivo-attentionnel.

L'ensemble des réalisations menées et en cours soutient l'enthousiasme à poursuivre dans cette voie de recherche, néanmoins il est important de noter et d'avoir conscience de certaines limites de notre travail.

## 10.2 Limites

Les principales limites de notre travail peuvent être regroupées en deux grandes catégories : 1) .Celles relatives au public cible des études, et en particulier en lien avec l'hétérogénéité des participants ; et 2) celles relatives à la méthodologie mise en place dans les expérimentations.

### 10.2.1 Un recrutement hétérogène

Tout d'abord, la première limite rencontrée, typique des recherches concernant les personnes avec TSA, relève de l'hétérogénéité des profils cognitifs des participants. En effet, les écarts-types des scores de QI rapportés dans l'étude 3 sont supérieurs à 8, et ce pour les deux groupes d'enfants avec TSA (équipés et non-équipés, respectivement 8.19 et 8.51). De même, les écarts-types des mesures de l'adaptation des comportements dans la classe sont également élevés (*e.g.,* respectivement 9.44 et 10.86 pour le sous-domaine Communication de l'EQCA-VS). Cette grande variabilité interindividuelle limite la significativité des résultats même si nous nous sommes toujours astreints à rapporter les indicateurs statistiques de taille de l'effet .

L'explication de cette grande variabilité relève certainement aussi du mode de recrutement de nos études, singulier par rapport à des études menées en laboratoire. Ces dernières reposent pour l'essentiel sur un recrutement via les services médicaux neuropédiatriques. Nos études, ciblant l'inclusion scolaire en classe ordinaire d'enfants avec TSA, reposaient sur un recrutement via le système éducatif sur une zone géographique restreinte (*i.e.,* Académie de Bordeaux) et à des établissements comprenant un dispositif ULIS, nécessaire à l'accompagnement de l'inclusion des enfants en situation de handicap scolaire. Ainsi, les élèves n'étaient pas sélectionnés sur la base de critères neuropédiatriques d'inclusion et d'exclusion a priori mais sur des critères de handicap scolaire amenant l'enfant à être scolarisé dans un dispositif spécialisé (*i.e.,* ULIS). Ce mode de recrutement constitue à la fois une limite scientifique (*i.e.,* plus forte hétérogénéité interindividuelle des échantillons à

l'étude) mais aussi un gage d'une meilleure validité écologique des résultats présentés. En effet, les participants recrutés dans notre étude sont certes hétérogènes mais représentatifs des populations TSA en situation de handicap scolaire. Aussi, il est intéressant de noter que pour une bonne part des participants (TSA ou non), le diagnostic médical n'était pas connu avant notre étude. Si ces conditions d'étude nous ont permis de conduire notre expérimentation en simple aveugle (le statut médical des participants équipés était inconnu de l'expérimentateur), elles révèlent une certaine faiblesse de la recherche clinique actuelle portant sur les TSA où visiblement un pan de la population TSA est ignoré faute de ne pas être diagnostiqué. Sans entrer dans les possibles raisons (*e.g.*, droits à l'école, culture de santé des familles, *etc.*) de cet état de fait, il nous apparaît essentiel qu'une démarche de dialogue soit instaurée de manière plus approfondie entre les services de l'éducation spécialisée et les services médicaux neuropédiatriques pour permettre d'une part un meilleur accompagnement (scolaire, éducatif et médico-social) des enfants et d'autre part, une meilleure connaissance des jeunes avec TSA scolarisés en population générale.

### 10.2.2 Méthodologie : limites et challenges des groupes contrôles

Une autre limite de notre travail concerne la méthodologie générale, et notamment les groupes contrôles et le calibrage de l'intervention.

#### Groupes contrôles

En effet, un groupe témoin non-équipé ne permet pas de contrôler l'effet intervention, qui consiste à enregistrer un pic de motivation et de performances au début de l'intervention, lié au déploiement du support technologique lui-même [Supino, Phyllis G and Borer, Jeffrey, 2012]. Pour plus de rigueur, le groupe témoin TSA aurait pu être équipé d'applications placebo qui n'auraient pas été conçues pour soutenir l'adaptation de leurs comportements (*e.g.*, de type ludique) afin de capturer seulement le bénéfice des applications *Collège+*. Une autre possibilité a été évoquée : celle d'assistances similaires mais sur supports papier, à la manière d'Hourcade *et al.* [Hourcade *et al.*, 2013]. Si ces solutions auraient toutes deux eu la plus grande rigueur scientifique, elles font fi de réalités de terrain conduisant à des contraintes éthiques. En effet, pour un établissement scolaire, une expérimentation de ce type est couteuse (temps humain, ressources pour se procurer les tablettes tactiles, *etc.*). Aussi il n'était pas envisageable de faire acheter un ensemble de supports numériques à ces établissements dans le but d'équiper la moitié des élèves avec des applications de divertissement ; comme il aurait été difficile de présenter une procédure qui inclurait le déploiement de tablettes tactiles auprès de certains élèves de la classe ULIS, pendant que d'autres se voyaient recevoir des classeurs en papiers. La stigmatisation de ces derniers a déjà été mise en évidence au sein des classes spécialisées [Hayes *et al.*, 2010].

Par ailleurs, le recrutement d'un groupe témoin non-TSA également équipé des applications *Collège+* répond autant à des besoins scientifiques qu'à des réalités de terrain.

En effet, en France, les classes spécialisées sont composées principalement d'élèves avec Déficiences Intellectuelles et/ou Troubles Généraux des Apprentissages, et Troubles du Spectre Autistique [Caraglio et Delaubier, 2012]. Un protocole qui aurait porté uniquement sur les enfants avec TSA (population cible de départ) aurait alors exclus de facto toute une partie des élèves de la classe spécialisée, non envisageable sur un plan aussi bien éthique que moral.

**Calibrage de l'intervention *Collège+***

Le calibrage de l'intervention *Collège+* représente également une limite de ce travail. En effet, les applications ont été déployées pour une durée de trois mois. Les applications d'assistance étaient utilisées 1h par semaine en inclusion en classe ordinaire ; les applications d'entrainement étaient utilisées à raison de 15min/jour, 5 jours/semaine. Bien que 3 mois représentent une période suffisante pour obtenir des résultats significatifs dans le cadre d'une CRI [Whalen *et al.*, 2010], les CBT reposent généralement sur des temps d'intervention plus longs, de 6 à 9 mois [Ramdoss *et al.*, 2011], afin d'assurer la significativité des résultats. En environnement réel, de telles durées d'intervention représentent un coût et une contrainte forte pour les structures d'accueil, aussi bien en termes de financement que de temps consacré à l'étude. Effet, les enseignants étaient rencontrés afin de leur présenter le projet, puis devaient se familiariser avec les applications, remplir des questionnaires, aménager les évaluations pour les participants, *etc.* Une durée d'intervention de trois mois représente ainsi un bon compromis, particulièrement compte tenu du fonctionnement par trimestre de l'Education Nationale. Ainsi, bien que sur une durée relativement réduite, les améliorations significatives rapportées après l'intervention *Collège+* témoignent de la pertinence de cette dernière. Il serait alors très intéressant d'établir un suivi longitudinal (*i.e.,* à 6 et 9 mois) des progrès des participants afin de renforcer les effets enregistrés, voire permettre à d'autres tendances de passer le seuil de significativité. Ce suivi sur une année scolaire permettrait de connaître la courbe d'améliorations des participants, et de pouvoir adapter les prompteurs d'activités ainsi que les exercices d'entrainement lors de la rentrée scolaire l'année suivante par exemple.

## 10.3 Perspectives

Ce travail a permis la conception et la validation expérimentale d'applications d'assistance et d'entrainement cognitifs à l'inclusion scolaire d'enfants avec TSA (et DI) en classe ordinaire. Une approche systématique a impliqué toutes les parties prenantes de l'inclusion scolaire de l'enfant autour du même support technologique.

### 10.3.1 Retours d'expériences

Les retours d'expériences de ces acteurs ont été recueillis au travers d'entretiens non-structurés au terme de l'expérimentation. Parmi eux, deux grandes propositions étaient récurrentes pour la suite d'un tel projet. La première concernait le déploiement des applications dès l'école primaire. Les familles, en accord avec les équipes pédagogiques, soulignaient l'urgence de telles interventions dès le plus jeune âge, au plus tôt dans leur développement. Le Ministère de l'Education Nationale a entendu cet appel et, sur la base des résultats préliminaires de notre étude (*i.e.,* premiers retours qualitatifs du Collège Gérard Philippe à Pessac, 33), a lancé un projet similaire dans des CLIS de l'Académie de Créteil nommé Clis'Tab [1] [Heitz, 2015]. La deuxième proposition émanant des parties prenantes de l'étude concernait la création d'une application de communication entre les équipes pédagogiques, les familles et les thérapeutes. En effet, de nombreuses incompréhensions sont constatées au quotidien et sont dues à un manque d'informations, tant sur les attendus différents entre remédiation et éducation, que de la méconnaissance du diagnostic de l'enfant et de son fonctionnement particulier par les équipes pédagogiques. Cette application, utilisée par et pour les parties prenantes, va dans le sens de l'amélioration du processus d'inclusion scolaire des enfants avec TSA, ou tout autre pathologie.

### 10.3.2 Enrichissement des contenus

Pour rester dans une approche développementale, les contenus des applications *Collège+* pourront être enrichis de nouveaux prompteurs d'activités pour accompagner les progrès de l'enfant. Aussi, un plus grand set d'émoticônes permettra à l'enfant d'adapter l'interface de l'application de gestion des émotions, de même que l'ajout d'autres modalités d'autorégulation (*e.g.,* manipulation d'un objet numérique). Dans la même veine, de nouvelles applications pourront également être conçues et développées afin d'équilibrer l'offre entre assistance et entrainement : ajout d'un entrainement à la résolution de problèmes sociaux ou d'une assistance à la gestion du temps par le développement d'un timer visuel, répandu sous forme de support papier dans les classes spécialisées [Gagné, 2010].

### 10.3.3 Des perspectives déjà financées

L'ensemble de ces perspectives a été présenté à la Fondation Orange qui finance de longue date les projets de recherche portant sur l'utilisation des technologies numériques pour l'assistance des enfants avec TSA

Ce document présentait aussi une enquête de terrain menée auprès de 124 personnes en situation de suivi d'un élève avec TSA au collège sur le territoire de l'Aquitaine : 38 parents, 73 professionnels de l'éducation nationale (enseignants spécialisés, enseignants ordinaire,

1. A ce titre, l'enseignante spécialisée Sophie Gerbé a été invitée aux premiers Comités de Pilotage de ce projet afin de faire part de son expérience dans l'expérimentation *Collège+*.

AVS, enseignants référents) et 15 cliniciens. Cette enquête a permis de recueillir les besoins des différents acteurs de la scolarisation de l'enfant avec TSA en termes d'informations pour faciliter et améliorer sa prise en charge. Ces résultats s'inscrivent dans un objectif plus large d'adapter les contenus *Collège+* proposés à chaque enfant sur la base de ses besoins, tant en termes d'assistance que d'entrainement cognitif et d'aide à la coordination des acteurs (Figure 11.1).

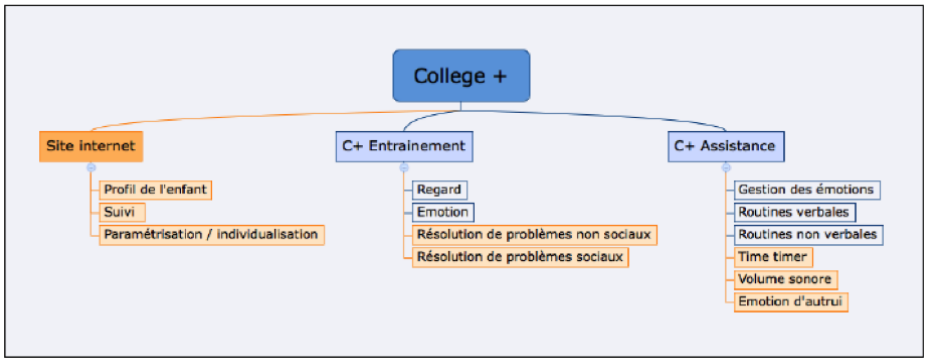



FIGURE 10.1 – Diagramme représentant les composants de la solution *Collège+* : en bleu l'existant, et en orange les modules envisagés pour l'évolution de la solution *Collège+*.

De futurs travaux doctoraux investigueront ces différents axes afin de poursuivre l'enrichissement de cet assistant numérique à l'inclusion scolaire pour les enfants avec TSA en classe ordinaire, grâce au soutien de la Fondation Orange.

Enfin, ce travail a exploré l'assistance cognitive en situation d'inclusion en classe ordinaire sur le plan de l'adaptation des comportements. Comme suggéré par l'échelle EQCA-VS, qui inclut un sous-domaine de comportements et connaissances scolaires dans l'évaluation des comportements socio-adaptatifs, ces compétences représentent un pilier dans l'inclusion scolaire des enfants. Dans une approche de type Universal Design for Learning [Clarkson *et al.*, 2013], cette étude adressait seulement l'adaptation des comportements et non la pédagogie elle-même. Une perspective plus large de ce type d'approche pourrait alors être la conception d'applications alliant à la fois travail sur les comportements et prise en charge pédagogique pour les enfants avec TSA.

CHAPITRE

# 11 Discussion, limitations and perspectives

*This chapter discusses the results of the three presented studies on the empirical part. The relevance of* Collège+ *applications for school inclusion of children with ASD in mainstream classrooms is discussed, as well as still on going work on this project. Limitations and perspectives are also presented.*

## Sommaire


11.1 Relevant applications for the inclusion of children with ASD in mainstream schools . . . . . 234
11.2 Limitations . . . . . 239
11.3 Future Prospects . . . . . 242

Three studies were presented in this document, the goal of which was to respond to the limitations of the literature in terms of assistive technologies that contribute to the inclusion of children with ASD in mainstream classrooms. More specifically, the lack of both design standards and scientific validation for these assistive technologies *in situ* led us to design, deploy and assess both cognitive assistive applications and training applications with 48 children in mainstream classrooms and at home. The assessment took into account application usability aspects inside the classroom, their use inside the classroom and at home, as well as benefits in terms of socio-adaptive behaviors and socio-cognitive functioning.

## 11.1 Relevant applications for the inclusion of children with ASD in mainstream schools

### 11.1.1 Assistive applications in situation.

**Study 1.**

The aim of the first study was to design mobile technologies to support children with ASD in mainstream classrooms. Based on the prevailing principles used to organize activity schedules during interventions for children with ASD, this study presents the results of a collaborative effort with all of the children's stakeholders : families, therapists, school staff members (special-education teachers, school aides, *etc.*) and researchers. Established design principles were implemented in both applications, which shared the same interface. The first aimed at assisting school routines whereas the second aimed to assist verbal communication activities in mainstream classrooms. These applications were used by children with ASD, whose results were compared to those of non-equipped participants with ASD (study a), as well as by children with ID, whose results were compared to those of equipped children with ASD (study b). After 3 months, data revealed that the use of these applications was quickly self-initiated by the child (after 2 months for most of the participants). Moreover, assisted routines, as evaluated by a questionnaire specifically conceived for the experiment, were performed significantly better by equipped participants with ASD at the end of the experiment. Study b reveals a mitigated efficacy for children with ID. Neither were they autonomous in the use of the applications after 3 months (*i.e.*, they still required supervision by a school aide), nor did their performance in verbal communication routines improve.

These results demonstrate the relevance of established design principles for assistive technologies for use inside mainstream classrooms. Furthermore, these results also support the use of participatory or co-design approaches in order to address everyday life environments, and to ensure the usability and the relevance of the solutions that get developed [Pihlainen-Bednarik, 2012]. This study explored the deployment of a technology in a highly constrained environment (*i.e.*, the mainstream classroom), which is usually resistant to the

use of new technologies [Ertmer *et al.*, 2000 ; Ertmer, 2005 ; Ertmer et Ottenbreit-Leftwich, 2010]. The study traces the difficulties that were encountered when trying to reconcile the different objectives of the various stakeholders, which were sometimes contradictory : for example, therapists wanted to encourage oral expression while teachers prohibited chatting. Consensus had to be found, as evidenced by the inclusion of all of the children attending the special-education classrooms targeted in the experimental protocol, and not just the children with ASD. Finally, the study reports some of the more global effects that the intervention had on the special-needs children, such as the successful inclusion of some of the participants, who had previously been segregated from the inclusion process, into mainstream classrooms.

**Study 2.**

The second study presents the design and validation of a cognitive assistive application for emotion regulation. This application was designed in collaboration with all of the stakeholders involved in the inclusion of children with ASD in mainstream schools, according to systemic intervention models [Prizant *et al.*, 2003] as well as the parents' expertise. Systemic intervention models mainly rely on self-regulation training through visual supports (*e.g.,* emoticons) whereas parents' expertise relies on the presence of a parent to co-regulate the child's emotions. The mobile application allows the embedding of all these solutions through visual supports, combining an interface that implements self-regulation principles with idiosyncratic contents chosen or created with family members. School staff allowed classroom functioning to be made explicit in order to extract contextual constraints to be integrated in the design (*e.g.,* short sequences, avoiding sounds) and to identify scenarios allowing the application to be used inside a mainstream classroom. During a three-month intervention in such a classroom, which included 48 children (29 with ASD and 19 with ID), assessments were made focusing on three specific domains : application usability and application use *in situ*, application efficacy in terms of emotion regulation and behavior in the classroom and application efficacy in terms of cognitive rehabilitation of underpinning mechanisms (first level of the ToM). The results of the study show the efficacy of the application on three levels for children with ASD. By the end of the intervention, participants were autonomous in their use of the application in the stressful environment of the classroom. They exhibited significant improvements in adaptive behavior scores compared with non-equipped children with ASD, and their performance in neuropsychological tests of emotional fluency and emotional awareness also increased significantly. This last analysis highlights an unexpected generalization of the results : using the application improves abilities that are transversal to all situations that require emotion regulation. Furthermore, although the children with ID did not improve their adaptive behaviors (which were, however, greater than those of ASD children to begin with), they eventually increased their performance in both neuropsychological tests assessing ToM processes involved in emotion

regulation. In other words, even if their behaviors were already relatively adapted, the use of this application allowed children with ID to rehabilitate their socio-cognitive functions.

These two studies aimed to respond to the limited literature dealing with the design of assistive technologies for improving the everyday life of children with ASD. The reported results are encouraging for the diffusion of such technologies in mainstream environments, allowing cognitive assistance *in situ*. A collaborative work with field actors can help overcome the barriers against the diffusion of a technology and can also allow experimentation in an ecological environment [Ertmer et Ottenbreit-Leftwich, 2010]. Taken globally, these results are in favor of *in situ* cognitive assistance in a mainstream environment. Such assistance improves task performance (*i.e.,* routines of emotion regulation), but also improves the learning process which leads to the performance of such tasks. In fact, study 1 reveals that participants with ASD used the application assisting school routines less during the third month of the intervention, but their performance continued to improve. Thus, it seems that the routines had been acquired by the children, who no longer required assistance. Study 2 reveals that the use of the application for emotion regulation can improve socio-cognitive functioning, in the same way as a neurocognitive rehabilitation intervention. Thus, in both cases, assistance takes the form of a "mistake-free" learning process, which results in the training of targeted skills. In terms of implementing digital solutions, this result implies the flexibility of contents, to allow relevant assistance across child development [Hayes *et al.*, 2010].

### 11.1.2 A systematic intervention for global benefits

**Study 3.**

The third study presents a systematic intervention based on a package of assistive and training applications to support the inclusion of children with ASD in mainstream classrooms. These applications were tested in a three-month intervention in mainstream classrooms and at home with 48 participants (14 equipped children with ASD, 15 non-equipped children with ASD, 19 equipped children with ID). Here again, three aspects were assessed : usability and use of the various applications, efficacy of the applications in terms of socio-adaptive behaviors (and social response) and efficacy in terms of neurocognitive rehabilitation. This technology-based CBT allowed equipped children with ASD to rapidly gain autonomy in the use of the applications, resulting in both the adaptation of their behaviors in classroom and improvements in their socio-cognitive functioning (*i.e.,* ToM processes). Participants with ID also exhibited significant improvements in their socio-cognitive functioning.

The goal of this study was to respond to the limitations of the literature which were identified in the theoretical part of this work. Most notably, these limitations concerned the experimental validation of digital assistive tools for children with ASD in mainstream environments. By involving all the children's stakeholders (families, school staff, therapists,

researchers), this collaborative work allowed the design, deployment and experimentation of the technology inside mainstream classrooms and at home. Thus, this study investigates the deployment of assistive and training applications directly in the everyday life environment of children with ASD. Through an experiment that involved a sufficient number of participants (N=48), behaviors were assessed using standard tools (*i.e.,* EQCA-VS, SRS) and targeted socio-cognitive mechanisms were also evaluated using standard tools (*i.e.,* Ekman test on facial emotion recognition, emotional fluency). Moreover, learning generalization was also determined by assessing untrained mechanisms (*i.e.,* NEPSY for face memory, LEAS-C for emotional awareness). Finally, new technologies can also be an evaluation tool *in situ* as they offer objective measures which can be difficult to access for humans [Goodwin, 2008]. How much and how frequently the application is used, as well as the nature of the selected contents, can potentially be precious data for adapting progressively throughout the intervention. In fact, with the performance tracking feature of the *Collège+* package, stakeholders (school staff and therapists) can coordinate their roles in child care around a unique tool, as proposed in successful CBT [Panerai *et al.*, 2002 ; Prizant *et al.*, 2003 ; Leaf *et al.*, 2015] and in technological systems supporting special education teachers [Hirano *et al.*, 2010 ; Hayes *et al.*, 2008].

The experiment involved a target group (*i.e.,* equipped children with ASD) and two control groups : non-equipped children with ASD and equipped children without ASD (*i.e.,* children with ID). The first control group allowed both the specific impact of the *Collège+* intervention to be evaluated and the use of assistive and training applications to be assessed, compared with inclusion with no technological assistance. Thus, benefits specifically linked to inclusion were controlled. Positive effects of inclusion appear in all three studies under various shapes. In study 1, non-equipped children with ASD improved their performance in verbal communication activities, suggesting that they were able to acquire social protocols over the three-month experiment. Nonetheless, over the same period, equipped children with ASD improved their performance in these activities to a significantly greater extent. In study 2, control children with ASD slightly improved their socio-adaptive behaviors albeit without increasing their socio-cognitive functioning. Finally, in study 3, control children with ASD exhibited improvements in four of the five social response adaptation indicators (significant in one of the four cases, as measured by the SRS) by the end of the three-month experiment, as well as slight improvements in two neuropsychological tests evaluating ToM mechanisms (*i.e.,* NEPSY and LEAS-C). Here again, over the same period of time, equipped children with ASD improved significantly more than the children in the control group. These results, that are consistent with the literature, support the generalization of inclusion in mainstream classrooms for children with ASD, by involving both children and school staff in this process [Hunt et McDonnell, 2007]. The second control group was incorporated in a cross-syndrome intervention approach [Sigman et Ruskin, 1999]. This approach involves conducting the same intervention in two different populations that share certain impairments in the same environment in order to establish both the transversal and specific aspects of the benefits across the two populations. In

each of the three studies, comparisons between the two equipped groups (*i.e.*, ASD and ID) revealed relevant information for technology-based interventions in these two populations. Study 1 showed that even if the design principles of activity schedules seemed to be relevant for both of these populations, their relevance for assisting verbal communication activities in children with ID appeared limited. In study 2, even if the adaptation of their behaviors did not significantly evolve, children with ID saw their emotional fluency and awareness increase significantly by the end of the intervention. Finally, in study 3, improvements were reported in four of the indicators of socio-cognitive functioning in children with ID. These results therefore provide further information for prescribing assistive technologies in a school context for these two populations, which make up the majority of special education classrooms [Caraglio et Delaubier, 2012].

The results of these 3 studies appear encouraging for interventions supporting inclusion of children with ASD in mainstream classrooms. Other results linked to this work will strengthen this conclusion.

### 11.1.3 On-going work

Two avenues of exploration are currently being investigated. The first consists in a more analytical approach of the impact of *Collège+* communication assistance in verbal and non-verbal communication behaviors observed in mainstream classrooms. The second concerns the study of cognitive determinants for socio-adaptive limitations occurring in mainstream classrooms.

#### Study of the impact of *Collège+* on communication behaviors.

In the experiment conducted in a mainstream classroom, video recordings were also gathered *in situ*. These were made with a laptop carried by the school aide who accompanied each participant throughout their inclusion. These videos were made for all the participants who were equipped with the *Collège+* applications, and last approximately one hour (the duration of the class). Videos were recorded pre-intervention (as a baseline before the applications were deployed), during the intervention (one recording at the end of each month), as well as post-intervention. Thus, a minimum of 5h of recordings were collected for each one of the 33 equipped participants (ASD and ID).

We used the protocol presented by Hetzroni and Tannous in 2004 [Hetzroni et Tannous, 2004] which proposes a scale for scoring communication behaviors recorded inside the classroom. Two aspects of communication behaviors are assessed : the pragmatics of communication and the quality of social interaction. The pragmatics of communication is evaluated using 4 indicators : 1) the number of social interactions initiated or received ; 2) number of relevant and non-relevant sentences ; 3) the complexity of verbal statements and 4) the number of immediate and delayed echolalia. Quality of social interaction is assessed using a scale which evaluates the four steps of each exchange : 1) its setup (call,

look, understand, *etc.*) ; 2) its development (listen) ; 3) its consequences (answer or execute) and 4) whether the child ends it correctly according to social code. Our results showed significant improvements in the verbal factors underpinning the pragmatic aspects of verbal communication at the end of the *Collège+* intervention among all equipped participants, especially those with ASD. However, no improvements were observed concerning the quality of social interaction. These results support the relevance of the *Collège+* tool for assisting the pragmatic aspects of verbal communication in children with ASD. They also underline the necessity to integrate elements in the *Collège+* system which are able to assist implicit communication, in order to improve the qualitative aspects of the interaction as well. Such an adaptation of the *Collège+* tool is rather straightforward given the flexibility of the prompting system.

**Study of the cognitive determinants of socio-adaptive difficulties.**

The literature has identified relationships between limitations of socio-adaptive behaviors and global factors (IQ, [Kanne *et al.*, 2011] ; symptoms severity, [Kenworthy *et al.*, 2010]). However, the role of more specific factors, and notably socio-cognitive processes like ToM mechanisms or executive processes, remains unclear. Yet, data gathered pre- intervention related to the adaptation of behaviors in the classroom and to the cognitive functioning of the participants (IQ, socio-cognitive processes, executive functioning) allow us to investigate whether socio-adaptive difficulties can be predicted by specific cognitive determinants. Identifying the role of these determinants of socio-adaptive difficulties at school could notably enable rehabilitation interventions to be prioritized better [Van Hees *et al.*, 2015]. After constructing two independent factors thanks to an ACP (a socio-cognitive factor and an attention-executive factor), bottom-up and top-down regression analyses were conducted on EQCA-VS and SRS dimensions (completed by mainstream classroom teachers). Regardless of the dimension considered in these two scales, the best predictor of socio-adaptive limitations was always the “socio-cognitive” factor for children with ASD (with variance explanation ranging from 20 to up to 80%). On the other hand, for children with ID, socio-adaptive difficulties seemed to be more multi-determined with variable contributions from both the “socio-cognitive” and “attention-executive” factors.

Be they finished or still ongoing, these undertakings demonstrate enthusiasm and willingness to pursue this line of research. Nevertheless, several limitations can be identified in our work.

## 11.2 Limitations

### 11.2.1 Heterogeneous recruitment

The first limitation, which is typical of clinical research on individuals with ASD, is related to the heterogeneity of the participants’ cognitive profiles. Indeed, standard deviations

of reported IQ scores in study 3 exceed 8 points in both groups of children with ASD (equipped and non-equipped, with 8.19 and 8.51 respectively). Similarly, standard deviations of behavior adaptation in the classroom are also high (*e.g.,* 9.44 and 10.86 respectively for the Communication sub-domain of the EQCA-VS). This high inter-individual variability limits the statistical significance of the results, even if effect sizes have systematically been reported.

This high variability is probably due to the way in which participants are recruited, which differs from studies conducted in laboratory settings. Recruitment is preferentially achieved via neuro-pediatric medical care services. Our studies aiming to include children with ASD in mainstream classrooms relied on recruitment via the education system in a restricted geographical area (*i.e.,* the Academy of Bordeaux) and on schools having a special-education classroom. Thus, participants were not selected according to neuro-pediatric criteria of inclusion and exclusion *a priori*, but rather on learning disabilities at school leading the child to be schooled in a special-education setting. This recruitment method represents a scientific limitation (*i.e.,* strong inter-individual variability) but also gives higher ecological validity to the observations. Indeed, although recruited participants are heterogeneous, they are representative of individuals with ASD who have disabilities which affect their inclusion in mainstream schools. Moreover, it must be noted that for many of the participants (either with ASD or not), the medical diagnosis was unknown before the study began. Even if these conditions allowed a single-blind experiment to be conducted (indeed, the medical status of the participant was not known by the experimenter), they also revealed certain weaknesses when conducting clinical research on children with ASD, where a significant number of people can be ignored because of the absence of a definitive diagnosis. Without necessarily trying to determine the reasons behind such a situation (*e.g.,* school rights, health culture of the families, *etc.*), it appears essential to establish a deeper dialogue between special-education settings and neuro-pediatric medical care services in order to allow more effective care to be given (health, school, medico-social) and to endorse better knowledge of children with ASD in mainstream school settings.

### 11.2.2 Methodology : limitations and challenges of the control groups

Another limitation of our work was related to the global methodology, and more particularly to the control groups and the calibration of the intervention.

**Control groups.**

A non-equipped control group does not allow the initial effect of the intervention to be controlled for. Indeed, typically a peak in motivation and performance can be recorded at the beginning of the intervention, linked with the deployment of the technology itself [Supino, Phyllis G and Borer, Jeffrey, 2012]. In order to be more scientifically rigorous, an ASD control group could have been equipped with placebo applications that would not

have been designed for supporting the adaptation of behaviors (*e.g.,* recreational applications) in order to single out the benefits of using *Collège+*. Another possibility would have been to provide similar but paper-based assistance, as implemented by Hourcade *et al.* [Hourcade *et al.*, 2013]. Although these solutions would have offered greater scientific rigor in certain respects, they are indifferent to the realities of the field, resulting in strong ethical constraints. Indeed, for an educational institution, an experiment of this type is highly costly (time-consumption, resources to buy the tablets, *etc.*). Making these institutions buy a significant number of technological tools in order to equip half of the participants with recreational applications was not a viable solution. Nor was it reasonable to implement a protocol that would have involved the deployment of the assistive technology to only half of the participants in a targeted special-education classroom, while the other half received assistance in a cumbersome paper-based form. The stigmatization linked to the latter has already been evidenced in special-education classrooms [Hayes *et al.*, 2010].

Besides, the recruitment of a control group comprising non-ASD participants also equipped with the *Collège+* applications responds to scientific requirements as well as the realities of the field. Indeed, in France, special-education classrooms are mainly composed of students with Intellectual Disabilities/learning disabilities and/or Autism Spectrum Disorders [Caraglio et Delaubier, 2012]. A protocol involving only children with ASD (the target population of this project) would have *de facto* excluded a significant part of the special-education population, and would therefore not have been a workable solution for both ethical and moral reasons.

**Defining the duration of the *Collège+* intervention.**

The duration of the *Collège+* intervention also represents one of the limitations of this work. Indeed, applications were deployed for a three-month period. Assistive applications were used for 1h per week in mainstream classroom inclusion; training applications were used 15min per day, 5 days per week. Although three months is sufficient to observe significant results in cognitive training interventions [Whalen *et al.*, 2010], CBT usually relies on longer interventions, ranging from 6 to 9 months, in order to ensure significant results [Ramdoss *et al.*, 2011]. In an everyday life setting, such long interventions are very costly and represent strong constraints for the institutions hosting the experiment, in terms of time and funding. Teachers had to be met several times to introduce the project, then they had to become acquainted with the *Collège+* applications, they had to complete questionnaires and find practical solutions when it came to the pedagogic evaluation of the students, *etc.*. Three months represents a reasonable compromise, particularly since the French National Education system functions on a quarterly basis. Consequently, even with a short intervention period the significant results observed after the *Collège+* intervention demonstrate the relevance of these applications. It would be interesting to establish a longitudinal follow-up of the progress of the participants (*i.e.,* 6 months and 9 months) in order to strengthen the reported benefits, and maybe even allow some of the trends that were observed to achieve

statistical significance. Such a follow-up over the course of an academic year could improve our knowledge of the participants' learning curves, and activity schedules as well as training exercises could be adapted for the start of term at the beginning of the following school year for example.

## 11.3 Future Prospects

This work has contributed to the design and experimental validation of cognitive assistive and training applications for the inclusion of children with ASD (and ID) in mainstream classrooms. A systematic approach involved all stakeholders around the same technological tool.

### 11.3.1 Feedback from the stakeholders.

Feedback from members of the team surrounding the children was collected through unstructured interviews at the end of the intervention. Among them, two main suggestions were recurrent for the development of the project. The first concerned the deployment of the *Collège+* application in elementary schools. Families, in line with school staff members, underlined the necessity of such interventions during the early stages of the child development. The French Ministry of National Education has taken up this call and, based on the early qualitative results of our study (gathered at the Gérard Philippe secondary school in Pessac, in the Academy of Bordeaux), launched a similar project, named Clis'Tab [1], in the special-education classrooms of elementary schools in the Creteil area [Heitz, 2015]. The second suggestion that arose from the stakeholders related to the creation of an application designed to promote communication between school staff, families and therapists. Indeed, misunderstandings are observed on a daily basis. These are generally due to relevant information not being shared, information concerning for example different expectations between pedagogy and rehabilitation, or misconceptions by school staff members surrounding a child's diagnosis or atypical behavior. The goal of this application, to be used by and for the stakeholders, would be to improve the school inclusion process of children with ASD or other pathologies.

### 11.3.2 Content development.

In order to remain within a developmental approach, the contents of the *Collège+* applications will be able to be enriched with new additional activity prompters to accompany the children as they progress. Furthermore, a greater range of emoticons will allow the children to adapt the interface of the application (*e.g.*, for emotion regulation), as will the addition

1. The special-education teacher Sophie Gerbé was invited to early steering comities of this project to share her experience in the *Collège+* experiment.

of other self-regulation modalities (*e.g.*, the manipulation of a digital object). In the same vein, new applications could also be designed and developed in order to balance out the differences of availability between assistance and training applications : for instance, the addition of a training program for the resolution of social issues, or of an application for assisting time-management in the form of a visual timer. Indeed, such visual supports are already widespread but in a paper-based form in special-education settings [Gagné, 2010].

### 11.3.3 Funded prospects.

All of the previously mentioned prospects have been presented to the Orange Foundation which has long been a supporter of research projects that address the use of assistive technologies for children with ASD.

The document presented to the Orange Foundation contained a field investigation conducted on 124 people who were currently caring for a student with ASD in the Aquitaine area : 38 parents, 73 school staff members (special-education teachers, mainstream classroom teachers, school aides) and 15 clinicians. This investigation revealed the needs of the various actors involved in the inclusion of children with ASD in mainstream schools in terms of relevant information to ease and improve their caring. These findings are part of a broader objective to adapt the contents of *Collège+* to each child according to their needs, both in terms of cognitive assistance and cognitive training and in helping the various actors to coordinate appropriately (Figure 11.1).

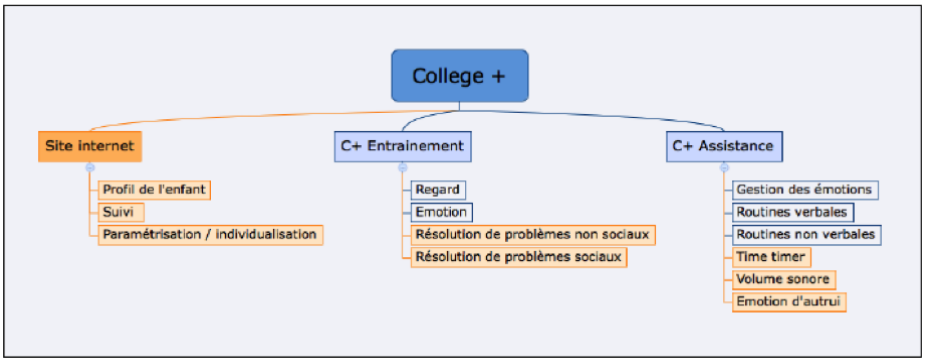



FIGURE 11.1 – Components of the *Collège+* solution : exisiting in blue, foreseen modules in orange for the *Collège+* solution evolution.

Future PhD work will investigate these different axes in order to continue to improve this technological assistance for the inclusion of children with ASD in mainstream classrooms, thanks to the support of the Orange Foundation.

Finally, this work explored cognitive assistance for the inclusion of children with special needs in mainstream classrooms. In a Universal Design for Learning approach [Clarkson *et al.*, 2013], this study only addressed behavioral adaptations but not the pedagogical

aspects. A broader perspective of this type of approach could be the design of applications combining both work on behaviors and work on the pedagogical aspects of the inclusion of children with ASD in mainstream classrooms.

CHAPITRE

12

# Conclusion générale

*Ce chapitre cloture l'ensemble de ces travaux doctoraux en rappelant les résultats principaux, ainsi que les intérêts d'une approche systémique pour délivrer une technologie d'assistance et de remédiation cognitive en environnement scolaire ordinaire.*

Cette thèse avaient pour objectif de répondre aux limitations de l'existant en termes de validation expérimentale de technologies d'assistance des activités des enfants avec TSA *in situ*. En effet, les interventions ont concerné presque exclusivement la classe spécialisée, ne permettant pas aux enfants avec TSA une participation à la vie sociale avec leurs pairs. Dans une approche collaborative, toutes les parties prenantes autour de l'enfant ont été impliquées afin de concevoir des applications d'assistance et de remédiation cognitive pour soutenir l'inclusion scolaire des enfants avec TSA en classe ordinaire. Les applications *Collège+* ont été déployées pour une durée de 3 mois dans une expérimentation qui a impliqué 48 enfants.

Des principes de conception d'applications d'assistance pour la classe ordinaire ont été identifiés et validés dans le cadre d'une étude préliminaire. Aussi, les supports technologiques pour la régulation émotionnelle étant manquants pour assister les enfants avec TSA en situation, une application rassemblant les connaissances des neuropédiatres et l'expertise des parents dans ce domaine a été développée. Là encore des principes pour la conception de technologies pour la régulation émotionnelle ont été identifiés, et validés auprès de l'ensemble des participants de l'étude. Des bénéfices en termes de comportements d'autorégulation en classe, mais aussi en termes de fonctionnement socio-cognitif, ont été observés. Enfin, une intervention globale reposant sur l'association d'applications d'assistance et de remédiation cognitive a permis des amélioration sur le plan des comportements socio-adaptatifs, de la réponse sociale et du fonctionnement socio-cognitif, et ce malgré la courte durée de l'intervention.

Dans l'ensemble de ces études, un groupe d'enfants avec DI, recrutés dans les mêmes classes spécialisées que les participants avec TSA, a enrichi les résultats pour documenter les aspects transverses des applications développées aux autres populations présentes dans ces classes.

Ce travail offre de larges perspectives, dans l'enrichissement des contenus comme dans l'approche qui, en impliquant à la fois les acteurs de terrain et les thérapeutes, a permis de développer une technologie pertinente pour la population des enfants avec TSA et de la valider expérimentalement en milieu écologique, dans la vie quotidienne de ces enfants.

# Bibliographie


Abrahams, B. S. et Geschwind, D. H. (2008). Advances in autism genetics : on the threshold of a new neurobiology. *Nature Reviews Genetics*, 9(5) :341–355. Cité pages 47 and 88.

Afshari, J. (2012). The effect of perceptual-motor training on attention in the children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(4) :1331–1336. Cité pages 63 and 96.

American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders : DSM-IV-TR®*. American Psychiatric Pub, 1000 Wilson Boulevard, Suite 1825, Arlington. Cité pages 40, 85, 113, 128, 139, 170, and 194.

American Psychiatric Association (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders 5th version dsm-5. *Arlington : American Psychiatric Publishing*. Cité pages 40, 46, 49, 61, 85, 87, 88, 90, 95, and 188.

Amiet, C., Gourfinkel-An, I., Bouzamondo, A., Tordjman, S., Baulac, M., Lechat, P., Mottron, L. et Cohen, D. (2008). Epilepsy in autism is associated with intellectual disability and gender : evidence from a meta-analysis. *Biological psychiatry*, 64(7) :577–582. Cité pages 46 and 88.

Anderson, M. D., Sherman, J. A., Sheldon, J. B. et McAdam, D. (1997). Picture activity schedules and engagement of adults with mental retardation in a group home. *Research in Developmental Disabilities*, 18(4) :231–250. Cité pages 131 and 149.

Annaz, D., Karmiloff-Smith, A., Johnson, M. H. et Thomas, M. S. (2009). A cross-syndrome study of the development of holistic face recognition in children with autism, down syndrome, and williams syndrome. *Journal of experimental child psychology*, 102(4) :456–486. Cité page 113.

Ausderau, K. K., Furlong, M., Sideris, J., Bulluck, J., Little, L. M., Watson, L. R., Boyd, B. A., Belger, A., Dickie, V. A. et Baranek, G. T. (2014). Sensory subtypes in children with autism spectrum disorder : latent profile transition analysis using a national survey of sensory features. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(8) :935–944. Cité pages 40 and 53.

Ayres, K. M., Mechling, L. et 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. Cité pages 80 and 107.

Bajgar, J., Ciarrochi, J., Lane, R. et Deane, F. P. (2005). Development of the levels of emotional awareness scale for children (leas-c). *British Journal of Developmental Psychology*, 23(4) : 569–586. Cité page 159.

Baltruschat, L., Hasselhorn, M., Tarbox, J., Dixon, D. R., Najdowski, A., Mullins, R. D. et Gould, E. (2012). The effects of multiple exemplar training on a working memory task involving sequential responding in children with autism. *The Psychological Record*, 62(3) :549. Cité page 63.

Baron-Cohen, S. (2001). Theory of mind and autism : A review. *International review of research in mental retardation : Autism*, 23 :169–184. Cité pages 52, 91, 124, 158, 159, 180, 189, and 204.

Baron-Cohen, S., Allen, J. et Gillberg, C. (1992). Can autism be detected at 18 months? the needle, the haystack, and the chat. *The British Journal of Psychiatry*, 161(6) :839–843. Cité pages 45 and 88.

Baron-Cohen, S., Cox, A., Baird, G., Swettenham, J., Nightingale, N., Morgan, K., Drew, A. et Charman, T. (1996). Psychological markers in the detection of autism in infancy in a large population. *The British Journal of Psychiatry*, 168(2) :158–163. Cité pages 45 and 88.

Baron-Cohen, S., Leslie, A. M. et Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, 21(1) :37–46. Cité page 189.

Baron-Cohen, S., Leslie, A. M. et Frith, U. (1986). Mechanical, behavioural and intentional understanding of picture stories in autistic children. *British Journal of developmental psychology*, 4(2) :113–125. Cité page 193.

Baron-Cohen, S., Wheelwright, S. et Jolliffe, T. (1997). Is there a" language of the eyes"? evidence from normal adults, and adults with autism or asperger syndrome. *Visual Cognition*, 4(3) :311–331. Cité page 194.

Basil, C. et Reyes, S. (2003). Acquisition of literacy skills by children with severe disability. *Child Language Teaching and Therapy*, 19(1) :27–48. Cité page 164.

Battocchi, A., Ben-Sasson, A., Esposito, G., Gal, E., Pianesi, F., Tomasini, D., Venuti, P., Weiss, P. et 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. Cité pages 79 and 106.

Begeer, S., Gevers, C., Clifford, P., Verhoeve, M., Kat, K., Hoddenbach, E. et Boer, F. (2011). Theory of mind training in children with autism : a randomized controlled trial. *Journal of autism and developmental disorders*, 41(8) :997–1006. Cité page 63.

Bellini, S., Peters, J. K., Benner, L. et 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. Cité pages 64, 66, 70, 96, 101, and 158.

Ben-Avie, M., Newton, D. et Reichow, B. (2014). Using handheld applications to improve the transitions of students with autism spectrum disorders. pages 105–124. IGI Global. Cité pages 78, 106, and 192.

Benson, B. A. et Fuchs, C. (1999). Anger-arousing situations and coping responses of aggressive adults with intellectual disability. *Journal of Intellectual and Developmental Disability*, 24(3) :207–214. Cité pages 162 and 210.

Benton, L., Johnson, H., Ashwin, E., Brosnan, M. et 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*, pages 2599–2608. ACM, ACM. Cité pages 68, 100, 132, and 163.

Berger, N. I. et Ingersoll, B. (2014). A further investigation of goal-directed intention understanding in young children with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 44(12) :3204–3214. Cité page 52.

Bernard-Opitz, V., Sriram, N. et Sapuan, S. (1999). Enhancing vocal imitations in children with autism using the ibm speech viewer. *Autism*, 3(2) :131–147. Cité pages 70, 101, and 191.

Bevill, A. R., Gast, D. L., Maguire, A. M. et Vail, C. O. (2001). Increasing engagement of preschoolers with disabilities through correspondence training and picture cues. *Journal of early intervention*, 24(2) :129–145. Cité page 149.

Bill, B. R. et Geschwind, D. H. (2009). Genetic advances in autism : heterogeneity and convergence on shared pathways. *Current opinion in genetics & development*, 19(3) :271–278. Cité pages 47 and 88.

Bishop, D. (1993). Annotation : Autism, executive functions and theory of mind : A neuropsychological perspective. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 34(3) :279–293. Cité pages 52 and 91.

Blair, C. et Diamond, A. (2008). Biological processes in prevention and intervention : The promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. *Development and psychopathology*, 20(03) :899–911. Cité page 158.

Bölte, S., Feineis-Matthews, S., Leber, S., Dierks, T., Hubl, D. et Poustka, F. (2002). The development and evaluation of a computer-based program to test and to teach the recognition of facial affect. *International Journal of Circumpolar Health*, 61. Cité pages 72 and 101.

Bölte, S. et Poustka, F. (2002). The relation between general cognitive level and adaptive behavior domains in individuals with autism with and without co-morbid mental retardation. *Child Psychiatry and Human Development*, 33(2) :165–172. Cité pages 50 and 90.

Boser, K. I., Goodwin, M. S. et Wayland, S. C. (2014). *Technology Tools for Students with Autism*. Paul H Brooks. Cité pages 80 and 107.

Bourgeron, T., Leboyer, M. et Delorme, R. (2009). [autism : more evidence of a genetic cause]. *Bulletin de l'Academie nationale de medecine*, 193(2) :299–304. Cité pages 47 and 89.

Brett, E. (2013). Lego therapy : Developing social competence in children with asperger syndrome through collaborative lego play. Cité pages 62 and 95.

Brugha, T. S., McManus, S., Bankart, J., Scott, F., Purdon, S., Smith, J., Bebbington, P., Jenkins, R. et Meltzer, H. (2011). Epidemiology of autism spectrum disorders in adults in the community in england. *Archives of general psychiatry*, 68(5) :459–465. Cité pages 44 and 87.

Callahan, K., Henson, R. K. et Cowan, A. K. (2008). Social validation of evidence-based practices in autism by parents, teachers, and administrators. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(4) :678–692. Cité page 65.

Campigotto, R., McEwen, R. et Epp, C. D. (2013). Especially social : Exploring the use of an ios application in special needs classrooms. *Computers & Education*, 60(1) :74–86. Cité pages 77 and 105.

Caraglio, M. et Delaubier, J.-P. (2012). La mise en oeuvre de la loi du 11 février 2005 dans l'education nationale. Rapport technique, Ministère de l'Education Nationale. Cité pages 226, 230, 238, and 241.

Caraglio, M.-A. (2013). Troisième plan autisme. Rapport technique, Ministère de l'Education Nationale. Cité pages 44 and 87.

Carr, D. et Felce, J. (2007). Brief report : Increase in production of spoken words in some children with autism after pecs teaching to phase iii. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(4) :780–787. Cité page 191.

Carson, K. D., Gast, D. L. et Ayres, K. M. (2008). Effects of a photo activity schedule book on independent task changes by students with intellectual disabilities in community and school job sites. *European Journal of Special Needs Education*, 23(3) :269–279. Cité pages 131 and 149.

Carter, A. S., Volkmar, F. R., Sparrow, S. S., Wang, J.-J., Lord, C., Dawson, G., Fombonne, E., Loveland, K., Mesibov, G. et Schopler, E. (1998). The vineland adaptive behavior scales : supplementary norms for individuals with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 28(4) :287–302. Cité pages 50 and 90.

Chamak, B., Bonniau, B., Oudaya, L. et Ehrenberg, A. (2011). The autism diagnostic experiences of french parents. *Autism*, 15(1) :83–97. Cité pages 45 and 88.

Charbonneau, G., Bertone, A., Lepore, F., Nassim, M., Lassonde, M., Mottron, L. et Collignon, O. (2013). Multilevel alterations in the processing of audio–visual emotion expressions in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 51(5) :1002–1010. Cité pages 133 and 162.

Charlop, M. H., Schreibman, L. et Thibodeau, M. G. (1985). Increasing spontaneous verbal responding in autustic children using a time delay procedure. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 18(2) :155–166. Cité page 60.

Charman, T. (2004). Editorial preface. *Journal of autism and developmental disorders*, 34(4) :365–366. Cité page 200.

Charman, T., Baron-Cohen, S., Swettenham, J., Baird, G., Cox, A. et Drew, A. (2000). Testing joint attention, imitation, and play as infancy precursors to language and theory of mind. *Cognitive development*, 15(4) :481–498. Cité page 119.

Chen, W. (2012). Multitouch tabletop technology for people with autism spectrum disorder : A review of the literature. *Procedia Computer Science*, 14 :198–207. Cité page 71.

Chien, M.-E., Jheng, C.-M., Lin, N.-M., Tang, H.-H., Taele, P., Tseng, W.-S. et 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. Cité pages 76, 105, and 192.

Christensen, D. L., Baio, J., Van Naarden Braun, K., Bilder, D., Charles, J., Constantino, J. N., Daniels, J., Durkin, M. S., Fitzgerald, R. T., Kurzius-Spencer, M., Lee, L.-C., Pettygrove, S., Robinson, C., Schulz, E., Wells, C., Wingate, M. S., Zahorodny, W. et Yeargin-Allsopp, M. (2014). Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among children aged 8 years. *Morbidity and Mortality Weekly Report MMWR*, 63 :1–21. Cité pages 44 and 87.

Cihak, D. F., Wright, R. et 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. Cité pages 78, 106, 128, 130, 131, 133, 134, and 149.

Clarkson, P. J., Coleman, R., Keates, S. et Lebbon, C. (2013). *Inclusive design : Design for the whole population*. Springer Science & Business Media. Cité pages 166, 232, and 243.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic press. Cité page 141.

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. Cité page 69.

Constantino, J. N., Davis, S. A., Todd, R. D., Schindler, M. K., Gross, M. M., Brophy, S. L., Metzger, L. M., Shoushtari, C. S., Splinter, R. et Reich, W. (2003). Validation of a brief quantitative measure of autistic traits : comparison of the social responsiveness scale with the autism diagnostic interview-revised. *Journal of autism and developmental disorders*, 33(4) :427–433. Cité pages 97, 123, 124, 139, 160, 171, 190, 193, and 203.

Copeland, S. R. et Hughes, C. (2000). Acquisition of a picture prompt strategy to increase independent performance. *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities*, 35(3) :294–305. Cité pages 131 and 149.

Corbett, B. A., Constantine, L. J., Hendren, R., Rocke, D. et Ozonoff, S. (2009). Examining executive functioning in children with autism spectrum disorder, attention deficit hyperactivity disorder and typical development. *Psychiatry research*, 166(2) :210–222. Cité pages 52 and 91.

Corbett, B. A., Key, A. P., Qualls, L., Fecteau, S., Newsom, C., Coke, C. et Yoder, P. (2015). Improvement in social competence using a randomized trial of a theatre intervention for children with autism spectrum disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, pages 1–15. Cité pages 62 and 95.

Cramer, M., Hirano, S. H., Tentori, M., Yeganyan, M. T. et Hayes, G. R. (2011). Classroom-based assistive technology : collective use of interactive visual schedules by students with autism. *In CHI*, pages 1–10. ACM. Cité page 128.

Danielsson, H., Henry, L., Messer, D. et Rönnberg, J. (2012). Strengths and weaknesses in executive functioning in children with intellectual disability. *Research in developmental disabilities*, 33(2) :600–607. Cité pages 163 and 165.

Davies, D. K., Stock, S. E. et Wehmeyer, M. L. (2002). Enhancing independent task performance for individuals with mental retardation through use of a handheld self-directed visual and audio prompting system. *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities*, 37(2) :209–218. Cité pages 131 and 162.

Dawe, M. (2006). Desperately seeking simplicity : how young adults with cognitive disabilities and their families adopt assistive technologies. *In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pages 1143–1152. ACM. Cité page 162.

Dawson, G., Rogers, S., Munson, J., Smith, M., Winter, J., Greenson, J., Donaldson, A. et Varley, J. (2010). Randomized, controlled trial of an intervention for toddlers with autism : the early start denver model. *Pediatrics*, 125(1) :e17–e23. Cité pages 59 and 94.

Dawson, G., Toth, K., Abbott, R., Osterling, J., Munson, J., Estes, A. et Liaw, J. (2004). Early social attention impairments in autism : social orienting, joint attention, and attention to distress. *Developmental psychology*, 40(2) :271. Cité pages 52 and 91.

De Leo, G. et 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*, pages 45–48. ACM. Cité pages 64, 80, and 106.

Devecchi, C., Mintz, J. et 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*. Cité pages 69, 80, 100, and 106.

Didden, R., Sigafoos, J., Green, V., Korzilius, H., Mouws, C., Lancioni, G., O'Reilly, M. et Curfs, L. (2008). Behavioural flexibility in individuals with angelman syndrome, down syndrome, non-specific intellectual disability and autism spectrum disorder. *Journal of Intellectual Disability Research*, 52(6) :503–509. Cité pages 52 and 150.

Direction de l'information légale et administrative (2005). La décentralisation : Acte ii. http://www.vie-publique.fr/actualite/dossier/decentralisation-acte2/decentralisation-acte-ii.html. Cité pages 5 and 23.

Donker, T., Petrie, K., Proudfoot, J., Clarke, J., Birch, M.-R. et Christensen, H. (2013). Smartphones for smarter delivery of mental health programs : a systematic review. *Journal of medical Internet research*, 15(11) :e247. Cité pages 75, 104, and 188.

Druin, A. (2002). The role of children in the design of new technology. *Behaviour and information technology*, 21(1) :1–25. Cité pages 100 and 132.

Duffy, C. et Healy, O. (2011). Spontaneous communication in autism spectrum disorder : A review of topographies and interventions. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(3) :977–983. Cité page 60.

Duncan, A., Yudin, M. et Musgrove, M. (2014). 36th annual report to congress on the implementation of the individuals with disability education act. Rapport technique, Office of Special Education and Rehabilitative Services, U.S. Department of Education. Cité pages 129 and 161.

Eisenberg, N., Valiente, C. et Eggum, N. D. (2010). Self-regulation and school readiness. *Early Education and Development*, 21(5) :681–698. Cité page 158.

Ekman, P. (1992). Facial expressions of emotion : New findings, new questions. *Psychological science*, 3(1) :34–38. Cité pages 123, 125, 203, and 204.

Eldevik, S., Hastings, R. P., Jahr, E. et Hughes, J. C. (2012). Outcomes of behavioral intervention for children with autism in mainstream pre-school settings. *Journal of autism and developmental disorders*, 42(2) :210–220. Cité pages 59, 65, and 97.

Elsabbagh, M., Divan, G., Koh, Y.-J., Kim, Y. S., Kauchali, S., Marcín, C., Montiel-Nava, C., Patel, V., Paula, C. S., Wang, C. *et al.* (2012). Global prevalence of autism and other pervasive developmental disorders. *Autism Research*, 5(3) :160–179. Cité page 43.

Enticott, P. G., Kennedy, H. A., Johnston, P. J., Rinehart, N. J., Tonge, B. J., Taffe, J. R. et Fitzgerald, P. B. (2014). Emotion recognition of static and dynamic faces in autism spectrum disorder. *Cognition and Emotion*, 28(6) :1110–1118. Cité pages 52 and 91.

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. Cité pages 81, 107, 150, 184, 223, and 235.

Ertmer, P. A., Gopalakrishnan, S. et Ross, E. (2000). *Technology-using teachers : Comparing perceptions of exemplary technology use to best practice*. ERIC Clearinghouse. Cité pages 223 and 235.

Ertmer, P. A. et Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change : How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of research on Technology in Education*, 42(3) :255–284. Cité pages 223, 224, 235, and 236.

Escobedo, L., Nguyen, D. H., Boyd, L., Hirano, S., Rangel, A., Garcia-Rosas, D., Tentori, M. et Hayes, G. (2012). Mosoco : a mobile assistive tool to support children with autism practicing social skills in real-life situations. *In Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 2589–2598. ACM, ACM. Cité pages 79, 106, 130, 136, 158, 167, and 192.

Evers, K., Steyaert, J., Noens, I. et Wagemans, J. (2015). Reduced recognition of dynamic facial emotional expressions and emotion-specific response bias in children with an autism spectrum disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, 45(6) :1774–1784. Cité pages 52 and 91.

Fage, C., Consel, C., Balland, E., Martin-Guillerez, D., N'Kaoua, B., Gepner, B., Tardif, C. et Sauzeon, H. (2012). Projet collège+ : validation d'un assistant numérique pour l'inclusion scolaire de collégiens porteurs d'autisme. *Bulletin Scientifique de l'ARAPI.* Cité page 113.

Fage, C., Pommereau, L., Consel, C., Balland, É. et Sauzéon, H. (2014). Tablet-based activity schedule for children with autism in mainstream environment. *In Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility*, pages 145–152. ACM, ACM. Cité pages 127, 130, 191, and 208.

Fage, C., Pommereau, L., Consel, C., Balland, É. et Sauzéon, H. (2015). Tablet-based activity schedule in mainstream environment for children with autism and children with id. *Transactions on Accessible Computing.* Cité pages 127 and 210.

Fenton, G., D'ardia, C., Valente, D., Del Vecchio, I., Fabrizi, A. et Bernabei, P. (2003). Vineland adaptive behavior profiles in children with autism and moderate to severe developmental delay. *Autism*, 7(3) :269–287. Cité pages 50 and 90.

Fisher, N. et Happé, F. (2005). A training study of theory of mind and executive function in children with autistic spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 35(6) :757–771. Cité page 63.

Flippin, M., Reszka, S. et 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. Cité pages 70 and 101.

Fohlin, R. (2013). Designing for special education schools : Involving children with intellectual disabilities in the design process. *In 9th Student Interaction Design Research conference (SIDeR).* Cité page 163.

Fombonne, E. (2003). Epidemiological surveys of autism and other pervasive developmental disorders : an update. *Journal of autism and developmental disorders*, 33(4) :365–382. Cité pages 46, 68, 88, 100, 162, and 188.

Fombonne, E. (2009). Epidemiology of pervasive developmental disorders. *Pediatric research*, 65(6) :591–598. Cité pages 43, 44, 87, and 188.

Fombonne, E. (2012). Epidemiology of autism. *Encyclopedia on Early Childhood Development.* Cité pages 43, 44, 45, and 87.

Frauenberger, C., Good, J. et Alcorn, A. (2012). Challenges, opportunities and future perspectives in including children with disabilities in the design of interactive technology. *In Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children*, pages 367–370. ACM. Cité pages 68 and 100.

Frauenberger, C., Good, J. et Keay-Bright, W. (2011). Designing technology for children with special needs : bridging perspectives through participatory design. *CoDesign*, 7(1) :1–28. Cité pages 69, 132, and 163.

Frazier, T. W., Youngstrom, E. A., Speer, L., Embacher, R., Law, P., Constantino, J., Findling, R. L., Hardan, A. Y. et Eng, C. (2012). Validation of proposed dsm-5 criteria for autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 51(1) :28–40. Cité pages 43 and 86.

Freeman, B., Del'Homme, M., Guthrie, D. et Zhang, F. (1999). Vineland adaptive behavior scale scores as a function of age and initial iq in 210 autistic children. *Journal of autism and developmental disorders*, 29(5) :379–384. Cité page 50.

Frith, U. (1989). Autism : Explaining the enigma. Cité pages 51 and 91.

Frith, U. (1996). Cognitive explanations of autism. *Acta Paediatrica*, 85(s416) :63–68. Cité pages 52 and 91.

Frith, U. et Frith, C. D. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B : Biological Sciences*, 358(1431) :459–473. Cité page 158.

Frith, U. et Happé, F. (1994). Autism : Beyond "theory of mind". *Cognition*, 50(1) :115–132. Cité pages 51 and 91.

Fuentes, J., Bakare, M., Munir, K., Aguayo, P., Gaddour, N., Öner, Ö. et Mercadante, M. (2012). Troubles du spectre autistique. *In Manuel de la IACAPAP pour la Santé Mentale de l'Enfant et de l'Adolescent*. International Association for Child and Adolescent Psychiatry and Allied Professions. Cité page 188.

Gagné, A. (2010). *Including a Student with Autism Spectrum Disorder in my Classroom*. Conseil des Ecoles publiques de l'Est de l'Ontario (in French). Cité pages 66, 98, 128, 159, 160, 165, 167, 168, 184, 231, and 243.

Gal, E., Lamash, L., Bauminger-Zviely, N., Zancanaro, M. et 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. Cité pages 71 and 101.

Ganz, J. B., Earles-Vollrath, T. L., Heath, A. K., Parker, R. I., Rispoli, M. J. et 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. Cité pages 70, 101, and 153.

Garbacz, S. A. et McIntyre, L. L. (2015). Conjoint behavioral consultation for children with autism spectrum disorder. Cité pages 65 and 97.

Gardener, H., Spiegelman, D. et Buka, S. L. (2009). Prenatal risk factors for autism : comprehensive meta-analysis. *The British journal of psychiatry*, 195(1) :7–14. Cité pages 48 and 89.

Gardener, H., Spiegelman, D. et Buka, S. L. (2011). Perinatal and neonatal risk factors for autism : a comprehensive meta-analysis. *Pediatrics*, pages peds–2010. Cité pages 48 and 89.

Gentry, T., Wallace, J., Kvarfordt, C. et 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(2) :101–107. Cité pages 78, 106, 130, 158, and 192.

Gepner, B., Deruelle, C. et Grynfeltt, S. (2001). Motion and emotion : A novel approach to the study of face processing by young autistic children. *Journal of autism and developmental disorders*, 31(1) :37–45. Cité pages 53, 92, 119, and 199.

Geurts, H. M., Corbett, B. et Solomon, M. (2009). The paradox of cognitive flexibility in autism. *Trends in cognitive sciences*, 13(2) :74–82. Cité page 52.

Gevers, C., Clifford, P., Mager, M. et Boer, F. (2006). Brief report : A theory-of-mind-based social-cognition training program for school-aged children with pervasive developmental disorders : An open study of its effectiveness. *Journal of autism and developmental disorders*, 36(4) :567–571. Cité pages 63 and 96.

Gillham, J. E., Carter, A. S., Volkmar, F. R. et Sparrow, S. S. (2000). Toward a developmental operational definition of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(4) : 269–278. Cité pages 49 and 89.

Giusti, L., Zancanaro, M., Gal, E. et 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*, pages 3295–3304. ACM. Cité pages 71 and 101.

Goharpey, N., Crewther, D. P. et Crewther, S. G. (2013). Problem solving ability in children with intellectual disability as measured by the raven's colored progressive matrices. *Research in developmental disabilities*, 34(12) :4366–4374. Cité page 165.

Golan, O., Ashwin, E., Granader, Y., McClintock, S., Day, K., Leggett, V. et 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. Cité pages 62, 72, and 102.

Golan, O. et 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(02) :591–617. Cité pages 62, 73, 74, 96, 103, 158, and 191.

Goldsmith, T. R. et LeBlanc, L. A. (2004). Use of technology in interventions for children with autism. *Journal of Early and Intensive Behavior Intervention*, 1(2) :166. Cité pages 67, 99, and 191.

Goldstein, H. (2002). Communication intervention for children with autism : A review of treatment efficacy. *Journal of autism and Developmental Disorders*, 32(5) :373–396. Cité pages 60, 61, 64, and 95.

Goodwin, M. S. (2008). Enhancing and accelerating the pace of autism research and treatment : The promise of developing innovative technology. *Focus on autism and other developmental disabilities*, 23(2) :125. Cité pages 225 and 237.

Granpeesheh, D., Dixon, D. R., Tarbox, J., Kaplan, A. M. et Wilke, A. E. (2009). The effects of age and treatment intensity on behavioral intervention outcomes for children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 3(4) :1014–1022. Cité pages 59 and 94.

Greenberg, M. T., Kusche, C. A., Cook, E. T. et Quamma, J. P. (1995). Promoting emotional competence in school-aged children : The effects of the paths curriculum. *Development and psychopathology*, 7(01) :117–136. Cité pages 123, 125, 159, 160, 171, 180, 203, and 204.

Grégoire, J. (2000). *L'évaluation clinique de l'intelligence de l'enfant : Théorie et pratique du WISC-III*, volume 229. Editions Mardaga. Cité pages 123, 139, 143, 169, 193, and 203.

Grynszpan, O., Nadel, J., Constant, J., Barillier, F. L., Carbonell, N., Simonin, J., Martin, J. C. et Courgeon, M. (2009). A new virtual environment paradigm for high functioning autism intended to help attentional disengagement in a social context bridging the gap between relevance theory and executive dysfunction. *In Virtual Rehabilitation International Conference, 2009*, pages 51–58. IEEE. Cité pages 71 and 101.

Grynszpan, O., Weiss, P. L. T., Perez-Diaz, F. et Gal, E. (2014). Innovative technology-based interventions for autism spectrum disorders : a meta-analysis. *Autism*, 18(4) :346–361. Cité page 192.

Guéguen, N. (2009). L'importance d'un effet : méthodologie simple de détermination et d'évaluation de "l'effect size". *European Journal of Scientific Research*, 38(1) :20–25. Cité page 141.

Gulsrud, A. C., Jahromi, L. B. et Kasari, C. (2010). The co-regulation of emotions between mothers and their children with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 40(2) :227–237. Cité pages 158, 159, 160, 161, 165, 166, 183, and 209.

Hailpern, J. (2007). Encouraging speech and vocalization in children with autistic spectrum disorder. *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, (89) :47–52. Cité pages 70 and 101.

Hallmayer, J., Cleveland, S., Torres, A., Phillips, J., Cohen, B., Torigoe, T., Miller, J., Fedele, A., Collins, J., Smith, K. *et al.* (2011). Genetic heritability and shared environmental factors among twin pairs with autism. *Archives of general psychiatry*, 68(11) :1095–1102. Cité pages 47 and 89.

Happé, F. et Frith, U. (2006). The weak coherence account : Detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 36(1) :5–25. Cité pages 51 and 91.

Harms, M. B., Martin, A. et Wallace, G. L. (2010). Facial emotion recognition in autism spectrum disorders : a review of behavioral and neuroimaging studies. *Neuropsychology review*, 20(3) :290–322. Cité pages 52 and 91.

Harrison, P. et Oakland, T. (2003). Adaptive behavior assessment system (abas-ii). *San Antonio, TX : The Psychological Corporation*. Cité pages 49 and 90.

Harrower, J. K. et Dunlap, G. (2001). Including children with autism in general education classrooms a review of effective strategies. *Behavior Modification*, 25(5) :762–784. Cité pages 65, 97, 128, 135, and 188.

Haute Autorité de Santé (2010). Autisme et autres troubles envahissants du développement. état des connaissances hors mécanismes physiopathologiques, psychopathologiques et recherche fondamentale. Rapport technique, Haute Autorité de Santé. Cité pages 44 and 45.

Hayes, G. R., Gardere, L. M., Abowd, G. D. et Truong, K. N. (2008). Carelog : a selective archiving tool for behavior management in schools. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 685–694. ACM. Cité pages 80, 107, 225, and 237.

Hayes, G. R., Hirano, S., Marcu, G., Monibi, M., Nguyen, D. H. et Yeganyan, M. (2010). Interactive visual supports for children with autism. *Personal and ubiquitous computing*, 14(7) :663–680. Cité pages 66, 68, 78, 79, 98, 100, 105, 106, 132, 148, 153, 161, 162, 163, 165, 191, 192, 195, 210, 224, 229, 236, and 241.

Hayes, G. R., Kientz, J. A., Truong, K. N., White, D. R., Abowd, G. D. et Pering, T. (2004). Designing capture applications to support the education of children with autism. *In UbiComp 2004 : Ubiquitous Computing*, pages 161–178. Springer. Cité page 64.

Heerey, E. A., Keltner, D. et Capps, L. M. (2003). Making sense of self-conscious emotion : linking theory of mind and emotion in children with autism. *Emotion*, 3(4) :394. Cité page 52.

Heitz, M.-H. (2015). Clis' tab : premiers résultats d'un projet innovant. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, (1) :191–206. Cité pages 231 and 242.

Hertz-Picciotto, I., Croen, L. A., Hansen, R., Jones, C. R., van de Water, J. et Pessah, I. N. (2006). The charge study : an epidemiologic investigation of genetic and environmental factors contributing to autism. *Environmental health perspectives*, pages 1119–1125. Cité page 47.

Hesling, I., Dilharreguy, B., Peppé, S., Amirault, M., Bouvard, M. et Allard, M. (2010). The integration of prosodic speech in high functioning autism : a preliminary fmri study. *PLoS One*, 5(7) :e11571. Cité pages 52 and 91.

Hetzroni, O. E. et Tannous, J. (2004). Effects of a computer-based intervention program on the communicative functions of children with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 34(2) :95–113. Cité pages 227 and 238.

Hill, A. P., Zuckerman, K. et Fombonne, E. (2015). Epidemiology of autism spectrum disorders. *In Translational Approaches to Autism Spectrum Disorder*, pages 13–38. Springer. Cité pages 51 and 90.

Hirano, S. H., Yeganyan, M. T., Marcu, G., Nguyen, D. H., Boyd, L. A. et 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*, pages 1633–1642. ACM, ACM. Cité pages 68, 78, 80, 106, 107, 128, 130, 132, 136, 158, 162, 165, 167, 192, 195, 225, and 237.

Hirata, S., Okuzumi, H., Kitajima, Y., Hosobuchi, T., Nakai, A. et Kokubun, M. (2014). Relationship between motor skill and social impairment in children with autism spectrum disorders. *International Journal of Developmental Disabilities*, 60(4) :251–256. Cité page 53.

Ho, B. P., Stephenson, J. et Carter, M. (2015). Cognitive–behavioural approach for children with autism spectrum disorder : A literature review. *Journal of Intellectual and Developmental Disability*, 40(2) :213–229. Cité pages 58, 94, 97, and 190.

Hong, H., Gilbert, E., Abowd, G. D. et Arriaga, R. I. (2015). In-group questions and out-group answers : Crowdsourcing daily living advice for individuals with autism. *In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 777–786. ACM. Cité page 130.

Hopkins, I. M., Gower, M. W., Perez, T. A., Smith, D. S., Amthor, F. R., Wimsatt, F. C. et Biasini, F. J. (2011). Avatar assistant : improving social skills in students with an asd through a computer-based intervention. *Journal of autism and developmental disorders*, 41(11) :1543–1555. Cité page 158.

Hourcade, J. P., Williams, S. R., Miller, E. A., Huebner, K. E. et Liang, L. J. (2013). Evaluation of tablet apps to encourage social interaction in children with autism spectrum disorders. *In Proceedings of the 2013 ACM annual conference on Human factors in computing systems*, pages 3197–3206. ACM, ACM. Cité pages 68, 79, 80, 100, 106, 132, 136, 148, 158, 162, 167, 182, 195, 229, and 241.

Hughes, C., Russell, J. et Robbins, T. W. (1994). Evidence for executive dysfunction in autism. *Neuropsychologia*, 32(4) :477–492. Cité pages 52 and 91.

Hunt, P. et McDonnell, J. (2007). *Inclusive education*. Guilford Publications New York. Cité pages 128, 188, 211, 226, and 237.

Hus, V., Gotham, K. et Lord, C. (2014). Standardizing ados domain scores : Separating severity of social affect and restricted and repetitive behaviors. *Journal of autism and developmental disorders*, 44(10) :2400–2412. Cité page 160.

Hyeans, A.-F., Pirat, E., Kassai, B., Bussy, G., Labruyere, N., Manificat, S., Bain, P., Robinson, J., Reboul, A., Rattaz, C., Darou, C., Sunyer, B., Des Portes, V. et Sonie, S. (2015). Validation de la version francaise de la vineland adaptive behavior scales second edition : Vabs-ii. Cité pages 49 and 90.

Ingersoll, B. R. (2010). Teaching social communication a comparison of naturalistic behavioral and development, social pragmatic approaches for children with autism spectrum disorders. *Journal of Positive Behavior Interventions*, 12(1) :33–43. Cité page 61.

Institut National de la Statistique et des Études Économiques (2011). Enquê information et vie quotidienne. http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1426. Cité pages 4 and 22.

Institut National de la Statistique et des Études Économiques (2013). Taux de scolarisation par âge en 2013. http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&id=146. Cité page 4.

Institut National de la Statistique et des Études Économiques (2014). Niveau de diplôme selon lâge en 2014. http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=nattef07232. Cité pages 6 and 24.

Institut National de la Statistique et des Études Économiques (2016). Insee website. http://www.insee.fr/fr/default.asp. Cité pages 3 and 21.

Intégration Scolaire et Partenariat (2015). Geva, geva-sco, guide barême. http://scolaritepartenariat.chez-alice.fr/page202.htm. Cité pages 8 and 26.

Iovannone, R., Dunlap, G., Huber, H. et Kincaid, D. (2003). Effective educational practices for students with autism spectrum disorders. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 18(3) :150–165. Cité page 64.

Irvine, A. B., Erickson, A. M., Singer, G. H. et Stahlberg, D. (1992). A coordinated program to transfer self-management skills from school to home. *Education and Training in Mental Retardation*, 35(3) :241–254. Cité page 131.

Izard, C., Fine, S., Schultz, D., Mostow, A., Ackerman, B. et Youngstrom, E. (2001). Emotion knowledge as a predictor of social behavior and academic competence in children at risk. *Psychological science*, 12(1) :18–23. Cité pages 158 and 159.

Jackson, R. (2008). Inclusion or segregation for children with an intellectual impairment : What does the research say. *Queensland Parents for People with a Disability*, pages 1–29. Cité pages 160 and 189.

Jacobson, J. W., Mulick, J. A. et Rojahn, J. (2007). *Handbook of intellectual and developmental disabilities*. Springer Science & Business Media. Cité page 161.

Jahromi, L. B., Bryce, C. I. et Swanson, J. (2013). The importance of self-regulation for the school and peer engagement of children with high-functioning autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(2) :235–246. Cité pages 158, 183, and 189.

Jahromi, L. B., Gulsrud, A. et Kasari, C. (2008). Emotional competence in children with down syndrome : Negativity and regulation. *Journal Information*, 113(1). Cité pages 161 and 162.

Jenkinson, J. C. (1989). Word recognition and the nature of reading difficulty in children with an intellectual disability : a review. *International Journal of Disability, Development and Education*, 36(1) :39–56. Cité page 164.

Jones, R., Wint, D. et Ellis, N. (1990). The social effects of stereotyped behaviour. *Journal of Intellectual Disability Research*, 34(3) :261–268. Cité pages 159 and 160.

Kam, C.-M., Greenberg, M. T. et Kusche, C. A. (2004). Sustained effects of the paths curriculum on the social and psychological adjustment of children in special education. *Journal of emotional and behavioral disorders*, 12(2) :66–78. Cité page 162.

Kampe, K. K., Frith, C. D. et Frith, U. (2003). "hey john" : signals conveying communicative intention toward the self activate brain regions associated with "mentalizing," regardless of modality. *The Journal of neuroscience*, 23(12) :5258–5263. Cité pages 52, 119, and 200.

Kanne, S. M., Gerber, A. J., Quirmbach, L. M., Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V. et Saulnier, C. A. (2011). The role of adaptive behavior in autism spectrum disorders : Implications for functional outcome. *Journal of autism and developmental disorders*, 41(8) :1007–1018. Cité pages 50, 90, 227, and 239.

Kanner, L. *et al.* (1943). *Autistic disturbances of affective contact.* publisher not identified. Cité pages 44 and 87.

Karkhaneh, M., Clark, B., Ospina, M. B., Seida, J. C., Smith, V. et Hartling, L. (2010). Social stories™ to improve social skills in children with autism spectrum disorder : a systematic review. *Autism*, page 1362361310373057. Cité page 191.

Kasari, C., Sigman, M., Mundy, P. et Yirmiya, N. (1988). Caregiver interactions with autistic children. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 16(1) :45–56. Cité pages 160 and 167.

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). Cité pages 69, 100, and 163.

Keay-Bright, W. et Howarth, I. (2012). Is simplicity the key to engagement for children on the autism spectrum ? *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(2) :129–141. Cité page 162.

Kenworthy, L., Case, L., Harms, M. B., Martin, A. et Wallace, G. L. (2010). Adaptive behavior ratings correlate with symptomatology and iq among individuals with high-functioning autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 40(4) :416–423. Cité pages 50, 90, 227, and 239.

Kientz, J. A., Goodwin, M. S., Hayes, G. R. et Abowd, G. D. (2013). Interactive technologies for autism. *Synthesis lectures on assistive, rehabilitative, and health-preserving technologies*, 2(2) :1–177. Cité pages 76 and 104.

Kim, Y. S., Fombonne, E., Koh, Y.-J., Kim, S.-J., Cheon, K.-A. et Leventhal, B. L. (2014). A comparison of dsm-iv pervasive developmental disorder and dsm-5 autism spectrum disorder prevalence in an epidemiologic sample. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 53(5) :500–508. Cité pages 44 and 87.

Klin, A., Saulnier, C. A., Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., Volkmar, F. R. et Lord, C. (2007). Social and communication abilities and disabilities in higher functioning individuals with autism spectrum disorders : The vineland and the ados. *Journal of autism and developmental disorders*, 37(4) :748–759. Cité pages 50 and 90.

Kokina, A. et Kern, L. (2010). Social story™ interventions for students with autism spectrum disorders : A meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(7) :812–826. Cité pages 61 and 95.

Konstantareas, M. M. et Stewart, K. (2006). Affect regulation and temperament in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(2) : 143–154. Cité pages 52, 91, 158, and 160.

Korkman, M. (1988). Nepsy-an adaptation of luria's investigation for young children. *The Clinical Neuropsychologist*, 2(4) :375–392. Cité pages 123, 125, 203, and 204.

Koyama, T. et 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. Cité pages 78, 105, 128, and 149.

Lacava, P. G., Golan, O., Baron-Cohen, S. et 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. Cité pages 72, 73, and 102.

Lacava, P. G., Rankin, A., Mahlios, E., Cook, K. et 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*. Cité pages 73 and 102.

Lancioni, G. E., O'Reilly, M. F., Seedhouse, P., Furniss, F. et Cunha, B. (2000). Promoting independent task performance by persons with severe developmental disabilities through a new computer-aided system. *Behavior Modification*, 24(5) :700–718. Cité pages 131 and 162.

Landa, R. J. (2008). Diagnosis of autism spectrum disorders in the first 3 years of life. *Nature Clinical Practice Neurology*, 4(3) :138–147. Cité pages 47 and 89.

Le Couteur, A., Rutter, M., Lord, C., Rios, P., Robertson, S., Holdgrafer, M. et McLennan, J. (1989). Autism diagnostic interview : A standardized investigator-based instrument. *Journal of autism and developmental disorders*, 19(3) :363–387. Cité pages 42 and 86.

Leaf, J. B., Leaf, R., McEachin, J., Taubman, M., Ala'i-Rosales, S., Ross, R. K., Smith, T. et Weiss, M. J. (2015). Applied behavior analysis is a science and, therefore, progressive. *Journal of autism and developmental disorders*, pages 1–12. Cité pages 58, 94, 190, 225, and 237.

Lee, S.-H., Simpson, R. L. et Shogren, K. A. (2007). Effects and implications of self-management for students with autism a meta-analysis. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 22(1) :2–13. Cité pages 63 and 96.

Leekam, S. R., López, B. et Moore, C. (2000). Attention and joint attention in preschool children with autism. *Developmental psychology*, 36(2) :261. Cité pages 51 and 91.

Lequia, J., Machalicek, W. et 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. Cité pages 78, 105, 128, and 130.

Lerner, M. D., Hutchins, T. L. et Prelock, P. A. (2011). Brief report : Preliminary evaluation of the theory of mind inventory and its relationship to measures of social skills. *Journal of autism and developmental disorders*, 41(4) :512–517. Cité pages 50 and 90.

Leyfer, O. T., Folstein, S. E., Bacalman, S., Davis, N. O., Dinh, E., Morgan, J., Tager-Flusberg, H. et Lainhart, J. E. (2006). Comorbid psychiatric disorders in children with autism : Interview development and rates of disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 36(7) :849–861. Cité pages 46 and 88.

Lindsay, W. R., Allan, R., Parry, C., Macleod, F., Cottrell, J., Overend, H. et Smith, A. H. (2004). Anger and aggression in people with intellectual disabilities : treatment and follow-up of consecutive referrals and a waiting list comparison. *Clinical Psychology & Psychotherapy*, 11(4) :255–264. Cité pages 161 and 180.

Liss, M., Harel, B., Fein, D., Allen, D., Dunn, M., Feinstein, C., Morris, R., Waterhouse, L. et Rapin, I. (2001). Predictors and correlates of adaptive functioning in children with developmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 31(2) :219–230. Cité pages 50, 90, and 131.

Lloyd, M., MacDonald, M. et Lord, C. (2013). Motor skills of toddlers with autism spectrum disorders. *Autism*, 17(2) :133–146. Cité page 53.

Lopata, C., Thomeer, M. L., Volker, M. A. et Lee, G. K. (2013). A manualized summer program for social skills in children with high-functioning asd. *CBT for children and adolescents with high-functioning autism spectrum disorders*, pages 199–225. Cité pages 65 and 97.

Lopresti, F. E., Mihailidis, A. et Kirsch, N. (2004). Assistive technology for cognitive rehabilitation : State of the art. *Neuropsychological rehabilitation*, 14(1-2) :5–39. Cité page 128.

Lord, C. et Jones, R. M. (2012). Annual research review : Re-thinking the classification of autism spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(5) :490–509. Cité page 40.

Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook Jr, E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., Pickles, A. et Rutter, M. (2000). The autism diagnostic observation schedule—generic : A standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 30(3) :205–223. Cité pages 42 and 86.

Lord, C., Rutter, M. et Le Couteur, A. (1994). Autism diagnostic interview-revised : a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 24(5) :659–685. Cité pages 42, 86, 113, 139, 170, and 194.

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. Cité pages 58, 59, 94, 190, 195, and 211.

LoVullo, S. V. et Matson, J. L. (2009). Comorbid psychopathology in adults with autism spectrum disorders and intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 30(6) :1288–1296. Cité pages 46 and 88.

Lund, A. (2011). Measuring Usability with the USE Questionnaire. *STC Usability SIG Newsletter*, 8(2). Cité pages 122, 170, and 201.

M, Y.-A., C, B., KVN, B. et E, T. (2008). *Neurodevelopmetal disabilities in infancy and childhood*, chapitre The Epidemiology of developmental disabilities. Paul H. Brooks. Cité page 188.

MacNeil, B. M., Lopes, V. A. et Minnes, P. M. (2009). Anxiety in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 3(1) :1–21. Cité pages 158, 160, and 165.

Maenner, M. J., Rice, C. E., Arneson, C. L., Cunniff, C., Schieve, L. A., Carpenter, L. A., Braun, K. V. N., Kirby, R. S., Bakian, A. V. et Durkin, M. S. (2014). Potential impact of dsm-5 criteria on autism spectrum disorder prevalence estimates. *JAMA psychiatry*, 71(3) :292–300. Cité pages 44 and 87.

Mamidala, M. P., Polinedi, A., PTV, P. K., Rajesh, N., Vallamkonda, O. R., Udani, V., Singhal, N. et Rajesh, V. (2013). Prenatal, perinatal and neonatal risk factors of autism spectrum disorder : A comprehensive epidemiological assessment from india. *Research in developmental disabilities*, 34(9) :3004–3013. Cité pages 48 and 89.

Maramara, L. A., He, W. et Ming, X. (2014). Pre-and perinatal risk factors for autism spectrum disorder in a new jersey cohort. *Journal of child neurology*, 29(12) :1645–1651. Cité pages 48 and 89.

Mathersul, D., McDonald, S. et Rushby, J. A. (2013). Understanding advanced theory of mind and empathy in high-functioning adults with autism spectrum disorder. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 35(6) :655–668. Cité page 52.

Maulik, P. K. et Harbour, C. K. (2010). Epidemiology of intellectual disability. *International encyclopaedia of rehabilitation (online). Retrieved January*, 25 :2012. Cité page 188.

Mayes, S. D., Calhoun, S. L., Murray, M. J., Ahuja, M. et Smith, L. A. (2011). Anxiety, depression, and irritability in children with autism relative to other neuropsychiatric disorders and typical development. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(1) :474–485. Cité pages 46 and 88.

Mazefsky, C. A. (2015). Emotion regulation and emotional distress in autism spectrum disorder : Foundations and considerations for future research. *Journal of autism and developmental disorders*, 45(11) :3405–3408. Cité pages 53 and 92.

Mazefsky, C. A., Herrington, J., Siegel, M., Scarpa, A., Maddox, B. B., Scahill, L. et White, S. W. (2013). The role of emotion regulation in autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 52(7) :679–688. Cité pages 53 and 92.

Mazefsky, C. A., Pelphrey, K. A. et Dahl, R. E. (2012). The need for a broader approach to emotion regulation research in autism. *Child development perspectives*, 6(1) :92–97. Cité pages 53 and 92.

Mazefsky, C. A. et White, S. W. (2014). Emotion regulation : Concepts & practice in autism spectrum disorder. *Child and adolescent psychiatric clinics of North America*, 23(1) :15–24. Cité pages 53 and 92.

McAleer, P., Kay, J. W., Pollick, F. E. et Rutherford, M. (2011). Intention perception in high functioning people with autism spectrum disorders using animacy displays derived from human actions. *Journal of autism and developmental disorders*, 41(8) :1053–1063. Cité page 52.

McClannahan, L. et Krantz, P. (1999). *Activity Schedules For Children With Autism : Teaching Independent Behavior*. Woodbine House. Cité pages 78, 105, 128, 133, 134, 135, and 191.

McClure, K., Halpern, J., Wolper, P. et Donahue, J. (2009). Emotion regulation and intellectual disability. *Journal on Developmental Disabilities*, 15(2) :38–44. Cité page 161.

McCurdy, E. E. et Cole, C. L. (2013). Use of a peer support intervention for promoting academic engagement of students with autism in general education settings. *Journal of autism and developmental disorders*, 44(4) :1–11. Cité pages 128 and 189.

McIntyre, L. L., Blacher, J. et Baker, B. (2006). The transition to school : Adaptation in young children with and without intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 50(5) :349–361. Cité page 161.

McPartland, J. C., Reichow, B. et Volkmar, F. R. (2012). Sensitivity and specificity of proposed dsm-5 diagnostic criteria for autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 51(4) :368–383. Cité pages 43 and 86.

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. Cité pages 67, 78, 99, 106, 113, 131, 149, 150, 153, 158, 161, 162, 188, 191, and 192.

Mesibov, G. B., Shea, V. et Schopler, E. (2004). *The TEACCH approach to autism spectrum disorders*. Springer Science & Business Media. Cité pages 65 and 130.

Millar, D. C., Light, J. C. et 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. Cité pages 69 and 101.

Ming, X., Brimacombe, M. et Wagner, G. C. (2007). Prevalence of motor impairment in autism spectrum disorders. *Brain and Development*, 29(9) :565–570. Cité page 53.

Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2005a). Loi 2005-102 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées. https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000809647. Cité pages 8, 17, 26, and 34.

Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2005b). Loi 2005-595 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la république. https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000027677984&categorieLien=id. Cité pages 8, 17, 26, and 35.

Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2012). Les premières lois de décentralisation. http://www.vie-publique.fr/politiques-publiques/decentralisation/lois-defferre/. Cité pages 5 and 23.

Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2014). Journée défense et citoyenneté 2014. http://www.education.gouv.fr/cid58761/journee-defense-et-citoyennete-2014-un-jeune-sur-dix-handicape-par-ses-difficultes-en-lecture.html. Cité pages 4 and 22.

Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2015a). Éduscol - magistere. http://eduscol.education.fr/cid73451/m@gistere.html. Cité pages 15 and 33.

Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2015b). L'école inclusive. http://cache.media.education.gouv.fr/file/12_Decembre/11/7/ecole_inclusive_dossier_complet_376117.pdf. Cité pages 13 and 31.

Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2015c). L'éducation nationale en chiffres. http://www.education.gouv.fr/cid57111/l-education-nationale-en-chiffres.html. Cité pages 5 and 23.

Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2015d). Repères et réformes statistiques. http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/67/4/depp_rers_2015_systeme_educatif_454674.pdf. Cité pages 7, 10, 25, and 28.

Mintz, J., Branch, C., March, C. et 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. Cité pages 80 and 107.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. et Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks : A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1) :49–100. Cité page 51.

Morgan, L. J., Rubin, E., Coleman, J. J., Frymark, T., Wang, B. P. et Cannon, L. J. (2014). Impact of social communication interventions on infants and toddlers with or at-risk for autism a systematic review. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, page 1088357614539835. Cité pages 61 and 95.

Moriguchi, Y., Ohnishi, T., Lane, R. D., Maeda, M., Mori, T., Nemoto, K., Matsuda, H. et Komaki, G. (2006). Impaired self-awareness and theory of mind : an fmri study of mentalizing in alexithymia. *Neuroimage*, 32(3) :1472–1482. Cité pages 52, 91, and 159.

Morin, D. et Maurice, P. (2001). Élaboration de la version scolaire de l'échelle québécoise de comportements adaptatifs (éqca-vs). *Revue francophone de la déficience intellectuelle*. Cité pages 49, 90, 123, 124, 171, 193, and 203.

Morrison, R. S., Sainato, D. M., Benchaaban, D. et Endo, S. (2002). Increasing play skills of children with autism using activity schedules and correspondence training. *Journal of early intervention*, 25(1) :58–72. Cité page 149.

Mottron, L. et Burack, J. A. (2001). Enhanced perceptual functioning in the development of autism. Cité pages 53 and 92.

Mottron, L., Dawson, M., Soulieres, I., Hubert, B. et Burack, J. (2006). Enhanced perceptual functioning in autism : an update, and eight principles of autistic perception. *Journal of autism and developmental disorders*, 36(1) :27–43. Cité pages 54, 92, 119, 150, 189, and 199.

Mouga, S., Almeida, J., Café, C., Duque, F. et Oliveira, G. (2014). Adaptive profiles in autism and other neurodevelopmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, pages 1–12. Cité page 131.

Mouga, S., Almeida, J., Café, C., Duque, F. et Oliveira, G. (2015). Adaptive profiles in autism and other neurodevelopmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 45(4) :1001–1012. Cité pages 50 and 90.

Müller, U., Liebermann-Finestone, D. P., Carpendale, J. I., Hammond, S. I. et Bibok, M. B. (2012). Knowing minds, controlling actions : The developmental relations between theory of mind and executive function from 2 to 4years of age. *Journal of experimental child psychology*, 111(2) :331–348. Cité pages 52 and 91.

Newell, A. F. et Gregor, P. (2000). "user sensitive inclusive design"—in search of a new paradigm. *In Proceedings on the 2000 conference on Universal Usability*, pages 39–44. ACM. Cité page 162.

Nikopoulos, C. K. et Keenan, M. (2007). Using video modeling to teach complex social sequences to children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(4) :678–693. Cité pages 191 and 210.

Noury, D. et Segal, P. (2003). Rapport thématique sur la politique du handicap en europe. http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/034000673.pdf. Cité pages 8, 10, 26, and 28.

of the Psychiatric Genomics Consortium, C.-D. G. *et al.* (2013). Genetic relationship between five psychiatric disorders estimated from genome-wide snps. *Nature genetics*, 45(9) :984–994. Cité page 47.

Organisation de Coopération et de Développement Économiques (2013). First results from the survey of adult skills. http://www.oecd-library.org/education/oecd-skills-outlook-2013_9789264204256-en. Cité pages 4 and 22.

Organisation Mondiale de la Santé (2002). Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé connexes : Cim-10. Rapport technique, Organisation Mondiale de la Santé. Cité pages 40, 85, and 189.

Ospina, M. B., Krebs Seida, J., Clark, B., Karkhaneh, M., Hartling, L., Tjosvold, L., Vandermeer, B. et Smith, V. (2008). Behavioural and developmental interventions for autism spectrum

disorder : a clinical systematic review. *PloS one*, 3(11) :e3755. Cité pages 57, 58, 59, 60, 65, 94, 97, 190, and 211.

Ozonoff, S. (1998). Assessment and remediation of executive dysfunction in autism and asperger syndrome. *In Asperger syndrome or high-functioning autism ?*, pages 263–289. Springer. Cité pages 63 and 96.

Ozonoff, S. et McEvoy, R. E. (1994). A longitudinal study of executive function and theory of mind development in autism. *Development and psychopathology*, 6(03) :415–431. Cité page 52.

Ozonoff, S. et Miller, J. N. (1995). Teaching theory of mind : A new approach to social skills training for individuals with autism. *Journal of Autism and developmental Disorders*, 25(4) :415–433. Cité pages 62 and 95.

Ozonoff, S., Pennington, B. F. et Rogers, S. J. (1991). Executive function deficits in high-functioning autistic individuals : relationship to theory of mind. *Journal of child Psychology and Psychiatry*, 32(7) :1081–1105. Cité pages 51, 52, 91, 189, and 190.

O'Roak, B. J., Vives, L., Girirajan, S., Karakoc, E., Krumm, N., Coe, B. P., Levy, R., Ko, A., Lee, C., Smith, J. D. *et al.* (2012). Sporadic autism exomes reveal a highly interconnected protein network of de novo mutations. *Nature*, 485(7397) :246–250. Cité page 47.

Panerai, S., Ferrante, L. et Zingale, M. (2002). Benefits of the treatment and education of autistic and communication handicapped children (teacch) programme as compared with a non-specific approach. *Journal of intellectual disability research*, 46(4) :318–327. Cité pages 65, 97, 181, 190, 195, 211, 225, and 237.

Panerai, S., Zingale, M., Trubia, G., Finocchiaro, M., Zuccarello, R., Ferri, R. et Elia, M. (2009). Special education versus inclusive education : the role of the teacch program. *Journal of autism and developmental disorders*, 39(6) :874–882. Cité pages 66 and 181.

Paquet, A., Olliac, B., Golse, B. et Vaivre-Douret, L. (2015). Current knowledge on motor disorders in children with autism spectrum disorder (asd). *Child Neuropsychology*, pages 1–32. Cité page 53.

Park, J. H., Abirached, B. et Zhang, Y. (2012). A framework for designing assistive technologies for teaching children with asds emotions. *In CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pages 2423–2428. ACM, ACM. Cité pages 148, 160, and 163.

Perner, J. et Lang, B. (1999). Development of theory of mind and executive control. *Trends in cognitive sciences*, 3(9) :337–344. Cité pages 53 and 92.

Perry, A. et Factor, D. C. (1989). Psychometric validity and clinical usefulness of the vineland adaptive behavior scales and the aamd adaptive behavior scale for an autistic sample. *Journal of autism and developmental disorders*, 19(1) :41–55. Cité pages 49 and 90.

Perry, A., Flanagan, H. E., Geier, J. D. et Freeman, N. L. (2009). Brief report : The vineland adaptive behavior scales in young children with autism spectrum disorders at different cognitive levels. *Journal of autism and developmental disorders*, 39(7) :1066–1078. Cité pages 50 and 90.

Peters-Scheffer, N., Didden, R., Mulders, M. et Korzilius, H. (2013a). Effectiveness of low intensity behavioral treatment for children with autism spectrum disorder and intellectual disability. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(9) :1012–1025. Cité pages 59 and 94.

Peters-Scheffer, N., Didden, R., Sigafoos, J., Green, V. A. et Korzilius, H. (2013b). Behavioral flexibility in children with autism spectrum disorder and intellectual disability. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(6) :699–709. Cité pages 52 and 150.

Peterson, C. C., Garnett, M., Kelly, A. et Attwood, T. (2009). Everyday social and conversation applications of theory-of-mind understanding by children with autism-spectrum disorders or typical development. *European child & adolescent psychiatry*, 18(2) :105–115. Cité page 189.

Philpott, A. L., Rinehart, N. J., Gray, K. M., Howlin, P. et Cornish, K. (2013). Understanding of mental states in later childhood : an investigation of theory of mind in autism spectrum disorder and typical development with a novel task. *International Journal of Developmental Disabilities*, 59(2) :108–117. Cité page 52.

Pihlainen-Bednarik, K. (2012). Parents must assume expert role in interactive technology development for children with special needs. Cité pages 223 and 234.

Plaisted, K. C. (2001). Reduced generalization in autism : An alternative to weak central coherence. *The development of autism : Perspectives from theory and research*, 2 :149–169. Cité page 189.

Ploog, B. O., Scharf, A., Nelson, D. et 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. Cité pages 69, 70, 74, 97, 100, 103, 158, 190, and 191.

Porayska-Pomsta, K., Frauenberger, C., Pain, H., Rajendran, G., Smith, T., Menzies, R., Foster, M. E., Alcorn, A., Wass, S., Bernadini, S. *et al.* (2012). Developing technology for autism : an interdisciplinary approach. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(2) :117–127. Cité page 195.

Prizant, B. M., Wetherby, A. M., Rubin, E. et Laurent, A. C. (2003). The scerts model : A transactional, family-centered approach to enhancing communication and socioemotional abilities of children with autism spectrum disorder. *Infants & Young Children*, 16(4) :296–316. Cité pages 160, 165, 166, 167, 168, 183, 223, 225, 235, and 237.

Provost, B., Lopez, B. R. et Heimerl, S. (2007). A comparison of motor delays in young children : autism spectrum disorder, developmental delay, and developmental concerns. *Journal of autism and developmental disorders*, 37(2) :321–328. Cité page 53.

Putnam, C. et 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*, pages 3–10. ACM. Cité pages 67, 99, and 132.

Ramdoss, S., Lang, R., Mulloy, A., Franco, J., O'Reilly, M., Didden, R. et 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. Cité pages 70, 191, 230, and 241.

Ramdoss, S., Machalicek, W., Rispoli, M., Mulloy, A., Lang, R. et 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. Cité pages 72, 73, and 102.

Rapin, I. et Dunn, M. (2003). Update on the language disorders of individuals on the autistic spectrum. *Brain and Development*, 25(3) :166–172. Cité page 189.

Ray-Subramanian, C. E., Huai, N. et Weismer, S. E. (2011). Brief report : Adaptive behavior and cognitive skills for toddlers on the autism spectrum. *Journal of autism and developmental disorders*, 41(5) :679–684. Cité pages 50 and 90.

Read, J. C. et MacFarlane, S. (2006). Using the fun toolkit and other survey methods to gather opinions in child computer interaction. *In Proceedings of the 2006 conference on Interaction design and children*, pages 81–88. ACM. Cité pages 159 and 165.

Reichow, B. (2012). Overview of meta-analyses on early intensive behavioral intervention for young children with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 42(4) :512–520. Cité pages 58, 60, 94, 95, 190, and 195.

Reichow, B., Steiner, A. et Volkmar, F. (2012). Social skills groups for people aged 6 to 21 years with autism spectrum disorders (asd). *Health*. Cité pages 61 and 95.

Reichow, B. et Volkmar, F. R. (2010). Social skills interventions for individuals with autism : evaluation for evidence-based practices within a best evidence synthesis framework. *Journal of autism and developmental disorders*, 40(2) :149–166. Cité pages 61 and 95.

Reid, R., Asaro-Saddler, A. P. K. *et al.* (2013). Self-regulation strategies for students with autism spectrum disorder. *In Interventions for Autism Spectrum Disorders*, pages 257–281. Springer. Cité pages 63 and 96.

Reynhout, G. et Carter, M. (2006). Social stories™ for children with disabilities. *Journal of autism and developmental disorders*, 36(4) :445–469. Cité pages 61, 62, and 95.

Rieffe, C., Oosterveld, P., Terwogt, M. M., Mootz, S., Van Leeuwen, E. et Stockmann, L. (2011). Emotion regulation and internalizing symptoms in children with autism spectrum disorders. *Autism*, page 1362361310366571. Cité pages 52, 91, 158, and 159.

Rieffe, C., Terwogt, M. M. et Kotronopoulou, K. (2007). Awareness of single and multiple emotions in high-functioning children with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 37(3) :455–465. Cité page 182.

Rieske, R. D., Matson, J. L., Beighley, J. S., Cervantes, P. E., Goldin, R. L. et Jang, J. (2015). Comorbid psychopathology rates in children diagnosed with autism spectrum disorders according to the dsm-iv-tr and the proposed dsm-5. *Developmental neurorehabilitation*, 18(4) :218–223. Cité pages 46 and 88.

Robins, D. L., Fein, D., Barton, M. L. et Green, J. A. (2001). The modified checklist for autism in toddlers : an initial study investigating the early detection of autism and pervasive developmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 31(2) :131–144. Cité pages 45, 46, and 88.

Rodgers, J., Glod, M., Connolly, B. et McConachie, H. (2012). The relationship between anxiety and repetitive behaviours in autism spectrum disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, 42(11) :2404–2409. Cité page 160.

Rose, J. et West, C. (1999). Assessment of anger in people with intellectual disabilities. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 12(3) :211–224. Cité pages 161 and 180.

Ryan, C. et Charragáin, C. N. (2010). Teaching emotion recognition skills to children with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 40(12) :1505–1511. Cité pages 62 and 96.

Saint-Georges, C., Guinchat, V., Chamak, B., Apicella, F., Muratori, F. et Cohen, D. (2013). Signes précoces d'autisme : d'où vient-on ? où va-t-on ? *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 61(7) :400–408. Cité page 45.

Sampath, H., Indurkhya, B. et Sivaswamy, J. (2012). A communication system on smart phones and tablets for non-verbal children with autism. *In Computers Helping People with Special Needs*, pages 323–330. Springer. Cité page 128.

Samson, A. C., Huber, O. et Gross, J. J. (2012). Emotion regulation in asperger's syndrome and high-functioning autism. *Emotion*, 12(4) :659. Cité page 159.

Samson, A. C., Wells, W. M., Phillips, J. M., Hardan, A. Y. et Gross, J. J. (2014). Emotion regulation in autism spectrum disorder : evidence from parent interviews and children's daily diaries. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. Cité page 159.

Sanders, S. J., Murtha, M. T., Gupta, A. R., Murdoch, J. D., Raubeson, M. J., Willsey, A. J., Ercan-Sencicek, A. G., DiLullo, N. M., Parikshak, N. N., Stein, J. L. *et al.* (2012). De novo mutations revealed by whole-exome sequencing are strongly associated with autism. *Nature*, 485(7397) :237–241. Cité page 47.

Sansosti, F. J. et Powell-Smith, K. A. (2008). Using computer-presented social stories and video models to increase the social communication skills of children with high-functioning autism spectrum disorders. *Journal of Positive Behavior Interventions*, 10(3) :162–178. Cité page 210.

Schic, F., Goodwin, M., White, S. W. et DiCriscio, A. S., éditeurs (2015). *Special Issue : Technologies in the Daily Lives of Individuals with Autism*, volume 45. Journal of Autism and Developmental Disorders. series 12. Cité pages 76 and 104.

Schlosser, R. W. et 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. Cité pages 76 and 104.

Schmitz, C., Martineau, J., Barthélémy, C. et Assaiante, C. (2003). Motor control and children with autism : deficit of anticipatory function ? *Neuroscience letters*, 348(1) :17–20. Cité pages 53 and 92.

Schopler, E., Reichler, R. J., DeVellis, R. F. et Daly, K. (1980). Toward objective classification of childhood autism : Childhood autism rating scale (cars). *Journal of autism and developmental disorders*, 10(1) :91–103. Cité pages 42 and 86.

Seltzer, M. M., Abbeduto, L., Krauss, M. W., Greenberg, J. et Swe, A. (2004). Comparison groups in autism family research : Down syndrome, fragile x syndrome, and schizophrenia. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(1) :41–48. Cité page 113.

Shukla-Mehta, S., Miller, T. et 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*. Cité pages 71 and 101.

Sigafoos, J., Lancioni, G. E., O'Reilly, M. F., Achmadi, D., Stevens, M., Roche, L., Kagohara, D. M., van der Meer, L., Sutherland, D., Lang, R. *et al.* (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. Cité pages 76 and 104.

Sigman, M. et Ruskin, E. (1999). References. *Monographs of the society for research in child development*, 64(1) :109–113. Cité pages 131, 161, 193, 226, and 237.

Silver, M. et 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. Cité pages 62, 72, 75, 96, 102, 103, and 191.

Sitdhisanguan, K., Chotikakamthorn, N., Dechaboon, A. et Out, P. (2012). Using tangible user interfaces in computer-based training systems for low-functioning autistic children. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(2) :143–155. Cité page 183.

Smeeth, L., Cook, C., Fombonne, E., Heavey, L., Rodrigues, L. C., Smith, P. G. et Hall, A. J. (2004). Mmr vaccination and pervasive developmental disorders : a case-control study. *The Lancet*, 364(9438) :963–969. Cité pages 44 and 87.

Smith, T. (2001). Discrete trial training in the treatment of autism. *Focus on autism and other developmental disabilities*, 16(2) :86–92. Cité pages 60 and 95.

Smith, T., Groen, A. D. et Wynn, J. W. (2000). Randomized trial of intensive early intervention for children with pervasive developmental disorder. *American Journal on Mental Retardation*, 105(4) :269–285. Cité page 59.

Snow, J. H. (1992). Mental flexibility and planning skills in children and adolescents with learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 25(4) :265–270. Cité page 163.

Sofronoff, K., Attwood, T. et Hinton, S. (2005). A randomised controlled trial of a cbt intervention for anxiety in children with asperger syndrome. *Journal of child psychology and psychiatry*, 46(11) :1152–1160. Cité pages 160, 165, 167, 168, and 184.

Sofronoff, K., Attwood, T., Hinton, S. et Levin, I. (2007). A randomized controlled trial of a cognitive behavioural intervention for anger management in children diagnosed with asperger syndrome. *Journal of autism and developmental disorders*, 37(7) :1203–1214. Cité pages 63 and 96.

Solomon, M., Goodlin-Jones, B. L. et Anders, T. F. (2004). A social adjustment enhancement intervention for high functioning autism, asperger's syndrome, and pervasive developmental disorder nos. *Journal of autism and developmental disorders*, 34(6) :649–668. Cité page 190.

Son, S.-H., Sigafoos, J., O'Reilly, M. et Lancioni, G. E. (2006). Comparing two types of augmentative and alternative communication systems for children with autism. *Pediatric Rehabilitation*, 9(4) :389–395. Cité pages 76 and 104.

Soorya, L. V., Siper, P. M., Beck, T., Soffes, S., Halpern, D., Gorenstein, M., Kolevzon, A., Buxbaum, J. et Wang, A. T. (2015). Randomized comparative trial of a social cognitive skills group for children with autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 54(3) :208–216. Cité pages 62 and 95.

Sparrow, S. S. et Cicchetti, D. V. (1985). Diagnostic uses of the vineland adaptive behavior scales. *Journal of Pediatric Psychology*, 10(2) :215–225. Cité pages 49 and 90.

Spriggs, A. D., Gast, D. L. et Ayres, K. M. (2007). Using picture activity schedule books to increase on-schedule and on-task behaviors. *Education and Training in Developmental Disabilities*, 42(2) :209–223. Cité pages 131 and 149.

Stephenson, J. et Limbrick, L. (2013). A review of the use of touch-screen mobile devices by people with developmental disabilities. *Journal of autism and developmental disorders*, pages 1–15. Cité pages 81, 162, and 188.

Stephenson, J. et Limbrick, L. (2015). A review of the use of touch-screen mobile devices by people with developmental disabilities. *Journal of autism and developmental disorders*, 45(12) :3777–3791. Cité pages 76, 104, and 107.

Stichter, J. P., O'Connor, K. V., Herzog, M. J., Lierheimer, K. et McGhee, S. D. (2012). Social competence intervention for elementary students with aspergers syndrome and high functioning autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 42(3) :354–366. Cité pages 57, 65, 93, 97, 152, and 190.

Strickland, D. C., McAllister, D., Coles, C. D. et Osborne, S. (2007). An evolution of virtual reality training designs for children with autism and fetal alcohol spectrum disorders. *Topics in language disorders*, 27(3) :226. Cité pages 71 and 101.

Supino, Phyllis G and Borer, Jeffrey (2012). *Principles of Research Methodology*. Springer. Cité pages 229 and 240.

Swettenham, J. (1996). Can children with autism be taught to understand false belief using computers ? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37(2) :157–165. Cité page 191.

Tanaka, J. W., Wolf, J. M., Klaiman, C., Koenig, K., Cockburn, J., Herlihy, L., Brown, C., Stahl, S., Kaiser, M. D. et Schultz, R. T. (2010). Using computerized games to teach face recognition skills to children with autism spectrum disorder : The let's face it! program. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(8) :944–952. Cité pages 57, 75, 93, 97, 103, 189, and 190.

Tardif, C., Lainé, F., Rodriguez, M. et Gepner, B. (2007). Slowing down presentation of facial movements and vocal sounds enhances facial expression recognition and induces facial-vocal imitation in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(8) :1469–1484. Cité pages 52, 91, 119, 194, and 199.

Tentori, M. et Hayes, G. R. (2010). Designing for interaction immediacy to enhance social skills of children with autism. *In Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing*, pages 51–60. ACM, ACM. Cité page 128.

Tomanik, S. S., Pearson, D. A., Loveland, K. A., Lane, D. M. et Shaw, J. B. (2007). Improving the reliability of autism diagnoses : Examining the utility of adaptive behavior. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5) :921–928. Cité pages 49 and 90.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2015). Unesco institute for statistics. http://www.uis.unesco.org/Literacy/Pages/default.aspx. Cité pages 4 and 22.

Ursache, A., Blair, C. et Raver, C. C. (2012). The promotion of self-regulation as a means of enhancing school readiness and early achievement in children at risk for school failure. *Child Development Perspectives*, 6(2) :122–128. Cité page 158.

Valiente, C., Swanson, J. et Lemery-Chalfant, K. (2012). Kindergartners' temperament, classroom engagement, and student–teacher relationship : Moderation by effortful control. *Social Development*, 21(3) :558–576. Cité page 158.

van der Meer, L. A. et Rispoli, M. (2010). Communication interventions involving speech-generating devices for children with autism : A review of the literature. *Developmental Neurorehabilitation*, 13(4) :294–306. Cité pages 70 and 101.

Van Hees, V., Moyson, T. et 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. Cité pages 57, 93, 188, 189, 227, and 239.

van Lang, N. D., Bouma, A., Sytema, S., Kraijer, D. W. et Minderaa, R. B. (2006). A comparison of central coherence skills between adolescents with an intellectual disability with and without comorbid autism spectrum disorder. *Research in developmental disabilities*, 27(2) :217–226. Cité page 51.

Veirman, E., Brouwers, S. A. et Fontaine, J. R. (2011). The assessment of emotional awareness in children : Validation of the levels of emotional awareness scale for children. *European Journal of Psychological Assessment*, 27(4) :265. Cité pages 123, 125, 171, 180, 203, and 204.

Vickerstaff, S., Heriot, S., Wong, M., Lopes, A. et Dossetor, D. (2007). Intellectual ability, self-perceived social competence, and depressive symptomatology in children with high-functioning autistic spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 37(9) :1647–1664. Cité pages 53 and 91.

Virues-Ortega, J., Julio, F. M. et Pastor-Barriuso, R. (2013a). The teacch program for children and adults with autism : A meta-analysis of intervention studies. *Clinical psychology review*, 33(8) :940–953. Cité pages 66 and 181.

Virues-Ortega, J., Rodríguez, V. et Yu, C. (2013b). Prediction of treatment outcomes and longitudinal analysis in children with autism undergoing intensive behavioral intervention. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 13(2) :91–100. Cité pages 59 and 94.

Vivanti, G., Dissanayake, C., Zierhut, C., Rogers, S. J., Team, V. A. *et al.* (2013). Brief report : Predictors of outcomes in the early start denver model delivered in a group setting. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(7) :1717–1724. Cité page 59.

Volkmar, F. R. et Reichow, B. (2013). Autism in dsm-5 : progress and challenges. *Molecular autism*, 4(1) :1. Cité page 40.

Volkmar, F. R., Sparrow, S. S., Goudreau, D., Cicchetti, D. V., Paul, R. et Cohen, D. J. (1987). Social deficits in autism : An operational approach using the vineland adaptive behavior scales. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 26(2) :156–161. Cité page 50.

Vries, M., Prins, P. J., Schmand, B. A. et Geurts, H. M. (2015). Working memory and cognitive flexibility-training for children with an autism spectrum disorder : A randomized controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56(5) :566–576. Cité pages 63 and 96.

Wang, S.-Y., Parrila, R. et Cui, Y. (2013). Meta-analysis of social skills interventions of single-case research for individuals with autism spectrum disorders : Results from three-level hlm. *Journal of autism and developmental disorders*, 43(7) :1701–1716. Cité page 153.

Warren, Z., McPheeters, M. L., Sathe, N., Foss-Feig, J. H., Glasser, A. et Veenstra-VanderWeele, J. (2011). A systematic review of early intensive intervention for autism spectrum disorders. *Pediatrics*, 127(5) :e1303–e1311. Cité pages 45, 59, 60, 88, 94, and 95.

Watkins, L., O'Reilly, M., Kuhn, M., Gevarter, C., Lancioni, G. E., Sigafoos, J. et Lang, R. (2015). A review of peer-mediated social interaction interventions for students with autism in inclusive settings. *Journal of autism and developmental disorders*, 45(4) :1070–1083. Cité page 61.

Wechsler, D. (2003). Wechsler intelligence scale for children–fourth edition (wisc-iv). *San Antonio, TX : The Psychological Corporation*. Cité page 188.

Wehmeyer, M. L., Smith, S. J., Palmer, S. B. et Davies, D. K. (2004). Technology use by students with intellectual disabilities : An overview. *Journal of Special Education Technology*, 19(4) :7–22. Cité page 162.

Whalen, C., Moss, D., Ilan, A. B., Vaupel, M., Fielding, P., Macdonald, K., Cernich, S. et 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. Cité pages 230 and 241.

Whalon, K. J., Conroy, M. A., Martinez, J. R. et Werch, B. L. (2015). School-based peer-related social competence interventions for children with autism spectrum disorder : A meta-analysis and descriptive review of single case research design studies. *Journal of autism and developmental disorders*, 45(6) :1513–1531. Cité pages 64 and 96.

White, S. W., Keonig, K. et Scahill, L. (2007). Social skills development in children with autism spectrum disorders : A review of the intervention research. *Journal of autism and developmental disorders*, 37(10) :1858–1868. Cité pages 61 and 95.

Williams, B. T., Gray, K. M. et Tonge, B. J. (2012). Teaching emotion recognition skills to young children with autism : a randomised controlled trial of an emotion training programme. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(12) :1268–1276. Cité pages 73, 102, and 158.

Wood, J. J., Drahota, A., Sze, K., Van Dyke, M., Decker, K., Fujii, C., Bahng, C., Renno, P., Hwang, W.-C. et Spiker, M. (2009). Brief report : Effects of cognitive behavioral therapy on parent-reported autism symptoms in school-age children with high-functioning autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 39(11) :1608–1612. Cité page 181.

Xavier, J., Vignaud, V., Ruggiero, R., Bodeau, N., Cohen, D. et Chaby, L. (2015). A multidimensional approach to the study of emotion recognition in autism spectrum disorders. *Frontiers in psychology*, 6. Cité pages 52 and 91.

Young, R. L. et 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. Cité pages 73 and 102.

Yu, T. W., Chahrour, M. H., Coulter, M. E., Jiralerspong, S., Okamura-Ikeda, K., Ataman, B., Schmitz-Abe, K., Harmin, D. A., Adli, M., Malik, A. N. *et al.* (2013). Using whole-exome sequencing to identify inherited causes of autism. *Neuron*, 77(2) :259–273. Cité page 47.

Zakari, H. M., Ma, M. et Simmons, D. (2014). A review of serious games for children with autism spectrum disorders (asd). *In Serious Games Development and Applications*, pages 93–106. Springer. Cité pages 69 and 100.

Zheng, Z., Fu, Q., Zhao, H., Swanson, A., Weitlauf, A., Warren, Z. et Sarkar, N. (2015). Design of a computer-assisted system for teaching attentional skills to toddlers with asd. *In Universal Access in Human-Computer Interaction. Access to Learning, Health and Well-Being*, pages 721–730. Springer. Cité pages 75 and 103.

# Annexes

*L'article suivant, publié dans le bulletin scientifique de l'ARAPI, en 2012, présente le projet global de conception d'applications ainsi que le protocole expérimental de leur validation.*

HAL
archives-ouvertes.fr

# Projet Collège+ : validation d'un assistant numérique pour l'inclusion scolaire de collégiens porteurs d'autisme

Charles Fage, Charles Consel, Emilie Balland, Damien Martin-Guillerez, Bernard N 'Kaoua, Bruno Gepner, Carole Tardif, Helene Sauzeon

**To cite this version:**

Charles Fage, Charles Consel, Emilie Balland, Damien Martin-Guillerez, Bernard N 'Kaoua, et al.. Projet Collège+ : validation d'un assistant numérique pour l'inclusion scolaire de collégiens porteurs d'autisme. Bulletin Scientifique de l'ARAPI., 2012, 8e Journée Régionale de l'arapi Autisme : quelles évolutions et innovations dans les réseaux et dispositifs d'accompagnement ?, <http://www.arapi-autisme.fr/publicationArapiL.php>. <hal-01241469>

**HAL Id: hal-01241469**

**https://hal.inria.fr/hal-01241469**

Submitted on 10 Dec 2015

**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.

# Projet Collège+ : validation d'un assistant numérique pour l'inclusion scolaire de collégiens porteurs d'autisme

AUTEURS :CHARLES FAGE[1], CHARLES CONSEL[2], EMILIE BALLAND[3], DAMIEN MARTIN-GUILLEREZ[4], BERNARD N'KAOUA[5], BRUNO GEPNER[6], CAROLE TARDIF[7], HELENE SAUZEON[8]

Le projet propose un outil d'assistance à l'inclusion scolaire permettant d'organiser et de soutenir les activités pédagogiques et communicationnelles d'élèves autistes en milieu ordinaire (*i.e.*, collège). Cette assistance s'articule autour d'une tablette numérique. Celle-ci sera utilisable par les élèves et leurs aidants (enseignants, auxiliaires de vie scolaire, éducateurs, rééducateurs, etc.) dans leur travail d'accompagnement des élèves autistes. Les tablettes numériques de nouvelle génération, munies d'un écran tactile, du réseau sans fil et de camera, représentent un support très prometteur pour une assistance multifonctions de la personne en situation de handicap et à un cout raisonnable. La versatilité de ces tablettes permet une utilisation adaptée aux capacités de l'utilisateur.
Dans ce projet, la tablette s'appuiera sur un catalogue ouvert d'applications gratuites, destinées aux élèvesavec désordres du spectre de l'autisme : ralenti vidéo, communication augmentée, gestion des routines scolaires, gestion du temps, aide-mémoire, enregistrement contextuel, gestion des émotions, scenarios d'interaction sociale, *etc*.

---

[1]LABORATOIRE « HANDICAP ET SYSTEME NERVEUX » EA 4136, SFR NEUROSCIENCES, UNIVERSITE BORDEAUX SEGALEN, 146 RUE LEO-SAIGNAT – 33076 BORDEAUX CEDEX

*charles.fage@inria.fr*

[2]EQUIPE PHOENIX, INRIA BORDEAUX SUD-OUEST, 200 AVENUE DE LA VIEILLE TOUR – 33405 TALENCE CEDEX

*Charles.Consel@inria.fr*

[3]EQUIPE PHOENIX, INRIA BORDEAUX SUD-OUEST, 200 AVENUE DE LA VIEILLE TOUR – 33405 TALENCE CEDEX

*emilie.balland@inria.fr*

[4]EQUIPE PHOENIX, INRIA BORDEAUX SUD-OUEST, 200 AVENUE DE LA VIEILLE TOUR – 33405 TALENCE CEDEX

*damien.martin-guillerez@inria.fr*

[5]LABORATOIRE « HANDICAP ET SYSTEME NERVEUX » EA 4136, SFR NEUROSCIENCES, UNIVERSITE BORDEAUX SEGALEN, 146 RUE LEO-SAIGNAT – 33076 BORDEAUX CEDEX

*bernard.nkaoua@u-bordeaux2.fr*

[6]LABORATOIRE PAROLE ET LANGAGE – UMR 6057 UNIVERSITE DE PROVENCE, AIX-MARSEILLE, 3 PLACE VICTOR HUGO – 13331 CEDEX 03

*bruno.gepner@univ-provence.fr*

[7]CENTRE PSYCLE – EA 3273, UNIVERSITE DE PROVENCE, AIX-MARSEILLE, 3 PLACE VICTOR HUGO – 13331 CEDEX 03

*carole.tardif@univ-provence.fr*

[8]LABORATOIRE « HANDICAP ET SYSTEME NERVEUX » EA 4136, SFR NEUROSCIENCES, UNIVERSITE BORDEAUX SEGALEN, 146 RUE LEO-SAIGNAT – 33076 BORDEAUX CEDEX

*helene.sauzeon@u-bordeaux2.fr*

La tablette enrichie d'applications d'assistance sera donc un vecteur d'échanges entre les différents acteurs : l'élève, les parents, les enseignants et les aidants. L'ensemble de ces acteurs sera placé au centre du projet, pour identifier les besoins, accompagner la conception d'applications, contribuer au déploiement et à l'évaluation de ces applications. Afin de mieux guider l'innovation vers les besoins des élèves, le projet proposera également un forum d'échanges qui permettra aux acteurs d'échanger leurs expériences.

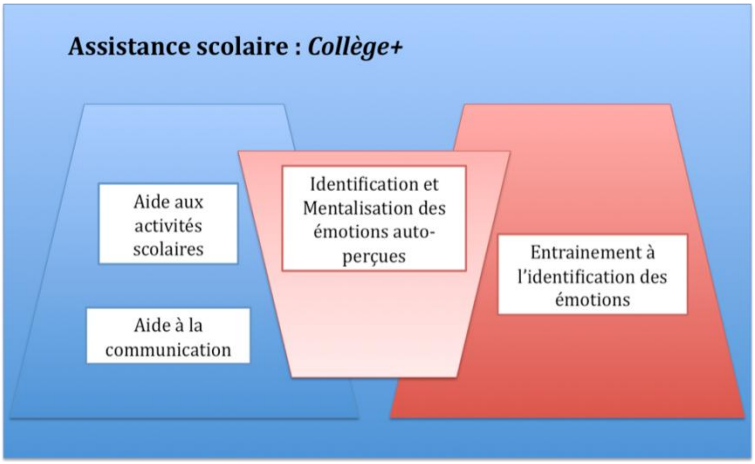
Une approche multidisciplinaire est nécessaire pour couvrir le spectre des activités de ce projet, de l'identification des besoins en passant par le développement logiciel et jusqu'au déploiement et à l'évaluation des applications d'assistance. Aussi le projet regroupe des chercheurs en informatique (Charles Consel et Emilie Balland, Equipe Phoenix, INRIA Bordeaux, Resp.), en sciences cognitives (HéléneSauzéon et Bernard N'Kaoua, Lab. « Handicap & Système Nerveux, SFR Neursociences, Université Bordeaux Segalen), en neuropsychiatrie (Bruno Gepner, Laboratoire parole et langage- UMR 6057 Université de Provence, Aix-Marseille) et en psychopathologie (Carole Tardif, centre Psyclé - EA 3273, Université de Provence, Aix-Marseille). La programmation informatique, la réalisation des interfaces graphiques, l'écriture des scenarios interactifs ainsi que l'intégration des données sont effectuées sous la responsabilité de « la FAVIE » (Fédération Autisme Vie Entière).

Introduite à la rentrée scolaire des élèves, la tablette sera utilisée sur une durée de 3 mois. Son efficacité en termes d'adaptation à la vie scolaire (en particulier, les routines d'entrée, de sortie de classe, de prise de devoir, etc. ainsi que les aptitudes à la communication verbale) sera évaluée pré-et post-utilisation de la tablette auprès d'élèves porteurs d'autisme et en comparaison avec un autre groupe d'élèves utilisateurs de la tablette mais présentant un autre handicap (*i.e.*, élèves avec trisomie 21).Une assistance de vie scolaire accompagnera les élèves participant à l'étude. Elle facilitera l'utilisation de la tablette, filmera l'élève en inclusion et tiendra un journal de bord.

**Type d'étude et méthode**: Unicentrique, prospective et transversale, l'étude comporte à la fois des applications (sur tablette numérique) d'assistance à la vie scolaire(« prompting » de routines scolaires, assistance à l'interaction sociale, gestion et régulation des émotions en classe, *etc.*) et des applications d'entraînement à l'identification des expressions faciales émotionnelles (application d'entraînement à fixer le regard ; application de visuo-construction d'émotions par modelage tactile de visages figuratifs ou réalistes ; applications de lecture de vidéos courtes par ralenti décroissant, *etc.*). L'ensemble de ces applications est appelé « Collège+ ».

**L'assistance Collège + :** précisément, le package « *college+* » contient six applications distinctes :

- **3 applications d'assistance à la vie scolaire** (acquisition de routines de classe ; acquisition de routines de communication verbales contextualisées ; acquisition d'auto-gestion des émotions) et ;
- **3 applicationsd'entraînement** (mentalisation des émotions auto-perçues ; perception contextualisée de son interlocuteur ; mentalisation visuo-motrice des émotions).

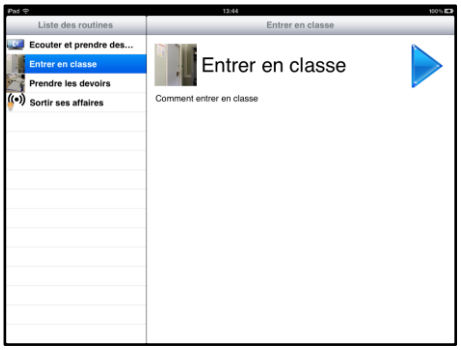



Bien que placés sous le même spectre, tous les enfants porteurs d'autisme souffrent de troubles spécifiques. Le contenu des applications du package est donc adapté au cas unique de chacun en concertation avec les familles et les professeurs. On s'assure par ce procédé que notre technologie est à la fois homogène (interfaces identiques) et adaptée (contenu spécifique).

## Assistance à la vie scolaire :

*Application d'aide aux activités scolaires :* La première application d'assistance porte sur l'aide aux activités de l'élève dans le milieu scolaire. Plus précisément, elle l'accompagne dans les activités les plus « rituelles » d'un cours en milieu ordinaire : l'entrée en classe, la prise des devoirs et la sortie de classe. Ces activités ont été identifiées et validées après entretien avec les professeurs et l'ensemble de l'équipe pédagogique impliquée dans ce projet.

Inspirées des tâches papier crayon de décomposition d'une tâche en sous-tâches plus simples, des applications pour Smartphones et tablettes ont été développées (First Then Visual Schedule, Visual Schedule Planner, çATED). Ces applications permettent le guidage (en anglais, *prompting*) visuel d'activités, contournant ainsi les défauts exécutifs de planification du TED (Ozonoff et al., 1991). De plus, il est avancé que l'utilisation de prompteurs favorise la réduction de l'anxiété chez les enfants porteurs d'autisme de par leur caractère explicite et leur structure invariante (Hayes et al., 2010 ; Gagné, 2010 ; Kanner, 1943). En outre, la grande flexibilité de leur contenu (utilisation de photographies prises instantanément grâce à l'appareil photo de la tablette, textes et



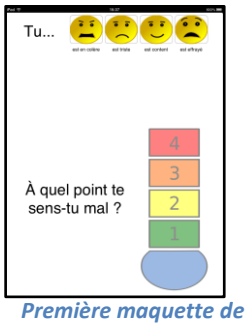

Application d'aide aux routines scolaires

images personnalisables, format de présentation de la routine adaptable, etc.) permet à ces applications de coller au plus près des attentes du cas unique de chacun de ces élèves (Hourcade et al., 2011 ; Hayes et al., 2010).
Focalisant le support de fonctions exécutives déficitaires (planification, inhibition) chez les enfants porteurs d'autisme (Ozonoff et al., 1991), notre application fournit une aide à l'adaptation de leur comportement aux « codes » du milieu ordinaire. Ces activités seront présentées sous la forme de routines (outil pertinent utilisé dans le milieu scolaire). Chaque étape est décrite sous la forme d'un texte et d'une image pour renforcer la compréhension de la tâche.

*Application d'aide à la communication* : La deuxième application d'assistance porte sur l'aide aux interactions sociales, et plus particulièrement l'aide à la communication. Précisément, cette application soutient les élèves porteurs d'autisme dans la prise en compte du contexte de la communication (Grynszpan et al., 2009). Le *prompting* peut être utilisé pour faciliter les fonctions communicationnelles reposant sur les fonctions exécutives (Grynszpan et al., 2009 ; Bishop et al., 2005). Des applications telles que *The Social Navigator*[1] permettent à l'utilisateur de décrire la situation de communication dans laquelle il se trouve. L'application fournit alors une routine communicationnelle adaptée au contexte communicationnel. Ce type d'application guide l'enfant dans l'identification des éléments contextuels déterminant pour la situation de communication : le lieu, les interlocuteurs, le but de la communication, etc. En s'inspirant de cette application, nous avons développé une application contextualisée de communication en milieu scolaire : affinement des contextes d'utilisation (classe ordinaire, classe ULIS, cours, réfectoire, etc) , des situations communicationnelles relatives à un contexte scolaire donné (eg., la salle de classe : demander de l'aide à un camarade, faire répéter la consigne au professeur, etc.).
Cette application permettra à l'élève de spécifier la situation communicationnelle à laquelle il est confronté. Elle l'aidera à identifier le lieu dans lequel il se trouve (salle de classe, cours de récréation), puis son (ses) interlocuteur(s) (adulte, enfant, les deux) et enfin son but de communication. Des scénarii préétablis sont présentés : demander de l'aide en classe, répondre à une question d'un camarade, etc. L'application fournit alors des conseils de communication adaptés à la situation : des phrases types, des conseils d'attitude à adopter (eg., lever le doigt pour prise de parole auprès de l'enseignant) ainsi que des constructions de phrases adaptées sont proposés à l'élève. Aussi, au fur et à mesure de sa progression, ce dernier pourra utiliser ses propres phrases pour interagir.

[1] www.socialnavigatorapp.com/social_navigator.php

*Application d'entraînement à la mentalisation des émotions auto-perçues et aide à l'auto-gestion des émotions :* La troisième application d'assistance est une aide à la gestion des émotions de l'élève dans le milieu scolaire. En effet les réponses émotionnelles disproportionnées sont des barrières à l'inclusion scolaire de ces élèves (Gagné, 2010).



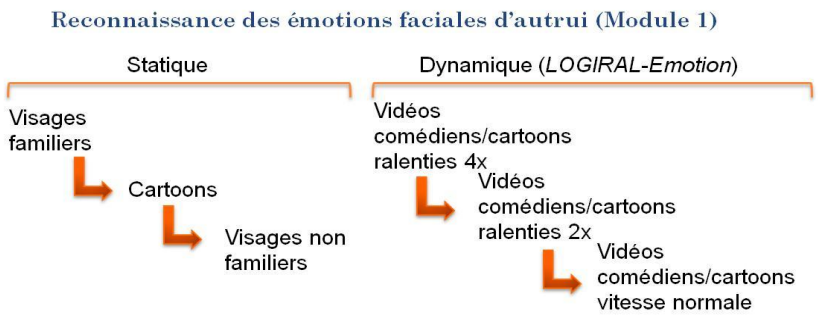
*Première maquette de l'application de mentalisation des émotions*

Eprouvant des difficultés à mentaliser et qualifier son comportement et ses propres émotions (Vickerstaff et al., 2007 ; Gagné, 2010), cette application incitera l'élève à identifier l'émotion qu'il ressent grâce à une série d'images de cartoons figurant 4émotions de base (colère, tristesse, joie, surprise). Ensuite, il devra quantifier le degré de cette émotion sur un thermomètre numérique à quatre niveaux (Gagné, 2010). Enfin, suivant le niveau émotionnel exprimé, l'application présente une routine de relaxation adaptée (Gagné 2010 ; Hayes et al., 2010 ; Kanner, 1943). Par des supports variés (textes, images, photos, vidéos) créés en collaboration avec les familles et l'équipe pédagogique, l'application sera la plus pertinente possible pour aider l'élève à retrouver un niveau émotionnel lui permettant de reprendre le cours.

**<u>Applications d'entraînement dédiées à la reconnaissance d'émotions :</u>**

Lestrois autres applications du package sont des applications de remédiation. Elles sont dédiéesrespectivement à l'entraînement à la reconnaissance des émotions, au soutien du regard, et à la réplication énactéed'émotions sur une image modifiable. De ce fait, ces applicationssont vouées à ne pas être utilisées dans le cours d'inclusion en milieu ordinaire, mais en classe « ULIS » et au domicile.

- *Applicationd'apprentissage à la reconnaissance des émotions d'autrui* : Les troubles identifiés dans ce domaine (Hobson, 1995) ainsi que les bénéfices obtenus avec des CBI (Klin et Baron-Cohen, 1997) pour la remédiation de ces troubles justifient l'inclusion d'un tel module dans notre technologie d'assistance. En effet, ces compétences sont critiques dans les interactions sociales car impératives à une bonne communication (Kampe et al., 2003). Possédant plusieurs niveaux à difficulté croissante, il présente d'abord des séries de dix images de visages connus de l'élève exprimant une émotion de base (colère, tristesse, joie, surprise, etc). L'élève doit ensuite identifier l'émotion présentée. Une fois un seuil de bonnes réponses atteint (fixé à 80%), le niveau suivant est débloqué : la reconnaissance sur des visages de cartoons. Sur les mêmes modalités, les bonnes réponses dans ce niveau débloquent la reconnaissance d'émotion sur des photos d'inconnus. La validation de ce niveau permet de débloquer la reconnaissance



dynamique avec ralenti dégressif (LOGIRAL-émotions, Tardif et al., 2007).La reconnaissance dynamique confronte l'élève à des vidéos (sans inputs verbaux) ralenties dans lesquelles de personnes ou personnages de cartoons expriment des émotions de base. Les trois niveaux de difficulté de cette partie sont fonction du degré de ralenti des vidéos. Après présentation d'une vidéo, une série d'images contenant des expressions faciales émotionnelles ou neutres) est affichée demandant à l'élève lesquelles étaient présentes dans la vidéo. Quelle que soit sa réponse (bonne ou mauvaise), l'élève doit identifier les émotions figurées sur les images (cf., partie statique).

La conception de ce module s'appuie, pour rappel, sur lesétudes montrant que les anomalies communicationnelles caractéristiques de l'autisme pourraient reposer en partie sur des défauts de traitement temporel de l'information environnementale[1]. Plusieurs bénéfices d'une présentation ralentie sur ordinateur des signaux visuels (mimiques du visage, mouvements des yeux, mouvements des lèvres, gestes et mouvements corporels) et sonores (phonèmes, mots, phrases) ont été démontrés chez des enfants autistes : meilleur traitement de l'information faciale émotionnelle et non-émotionnelle (Gepner et al., 2001 ; Tardif et al., 2007), imitation spontanée induite d'expressions faciales et de vocalisations (Tardif et al., 2007), imitation intentionnelle de mouvements faciaux et corporels (Lainé et al., 2008 ; Lainé et al., 2011), meilleure compréhension de phonèmes, de mots et de phrases (Tardif et al., 2002 ; Lainé et al., 2009).

-*Application d'apprentissage de la perception contextualisée de l'interlocuteur* : Le premier niveau de cette application est un entraînement au soutien du regard, compétence participant également à une bonne détection des intentions de communication d'autrui (Kampe et al., 2003). Cette compétence est déficitaire chez les enfants porteurs d'autisme (Klin, Baron-Cohen, 1997). Ce niveau présente des séries de dix images de visages neutres en termes d'expression émotionnelle. Des symboles apparaissent de manière courte dans les yeux des visages. Ensuite, l'application demande à l'élève d'identifier le symbole affiché parmi une série de symboles possibles. Une proportion de bonnes réponses (fixée à 80%) débloque le deuxième niveau de difficulté de ce module : le repérage du visage pertinent dans une scène complexe. Ici encore l'application présente des séries de dix images figurant des scènes complexes de la vie scolaire : l'énoncé de l'exercice par le professeur, la discussion avec un camarade pendant la récréation, etc. Des symboles apparaissent de manière courte à des endroits divers de la scène, dont un sur le visage de la personne pertinente de la scène (le professeur, le camarade qui parle, etc.). L'application présente ensuite les symboles présents (et des symboles distracteurs) sur l'image afin de tester les réponses de l'élève.

---

[1]En effet, le monde serait trop rapide pour être perçu et intégré correctement par ces enfants, du fait d'une sous- ou au contraire d'une sur-réactivité perceptive aux flux sensoriels multiples et ubiquitaires (Gepner et Mestre, 2002 ; Gepner et Tardif, 2009). De ce fait, ils n'arriveraient pas à accorder leur rythme perceptif à celui de l'environnement, y répondant souvent avec un temps de latence. Désynchronisation perceptive des échanges langagiers et émotionnels entre l'enfant porteur autisme et son environnement humain, social et cognitif, pourraient donc résulter au moins en partie de ces désordres perceptifs fondamentaux (Gepner et Féron, 2009 ; Gepner et al., 2010).

- *Application d'apprentissage des représentations énactées/motrice des émotions faciales via des exercices de visuo-construction d'émotions à partir d'une image d'un visage (humain ou cartoon)* : L'élève choisit une émotion de base qu'il souhaite répliquer dans une liste. Il choisit ensuite l'image qu'il souhaite modifier. L'application affiche cette image en grand format pour permettre à l'élève de modeler l'image comme il le désire. Une fois que l'élève est satisfait du résultat, l'image idéale qui était attendue de lui est confrontée à sa production pour qu'il puisse les comparer et améliorer sa production suivante. Cette application ne possède pas de difficulté croissante ou de niveaux déblocables par un taux de bonnes réponses. Elle vise aussi à renforcer les apprentissages de la première application,en incitant l'élève à mettre en gestes les émotions avec un « feed-back » du rendu visuel.

*Hourcade et al., 2011 : application Photogoo de visuo-construction des émotions*

Cessix applications enregistrent des données relatives à leur utilisation sous la session utilisateur, lancée par l'élève. On dispose ainsi d'un fichier répertoriant toutes les actions effectuées par ce dernier : lancement des applications, validation des étapes d'une routine, bonnes réponses obtenues aux jeux de reconnaissance d'émotions, etc. Ces données sont stockées sur chaque tablette et envoyées automatiquement sur un serveur dédié. Les données récoltées permettront ainsi de suivre l'évolution des interactions entre l'élève et la tablette, et donc l'évolution de l'adaptation de son comportement.

**Critères d'inclusion** : Sujets des deux sexes, d'âge supérieur à 12 ans, porteurs d'autisme (n=15) ou de trisomie 21 (n=15) en classe d'ULIS avec une heure minimum d'inclusion en cours ordinaire (*e.g.*, français, géographie, sciences de la vie et de la terre). Le recrutement est effectué via le rectorat de Bordeaux ; le ministère de l'Education étant le financeur de l'étude).

**Critères de jugement** : En post-exposition de la tablette, Amélioration: 1) des comportements socio-adaptatifs en milieu scolaire (questionnaire EQCA-VS auprès de l'enseignant) ; 2) de la qualité de vie des élèves autistes en milieu scolaire (questionnaire AUQUEI auprès des élèves et parents) ; 3) des comportements communicationnels verbaux directs (enregistrement au fil de l'eau des échanges verbaux de l'élève en classe) et des comportements communicationnels indirects (capacité à identifier les expressions émotionnelles faciales dans des situations dynamiques d'interaction sociales -protocole de Tardif et al., 2007 ; et test des fausses-croyances)

**Critères associés** : Echelle CARS ; Echelles d'efficience cognitive [BREV ; Echelle TVAP - Vocabulaire ; Subtest NVMA-Matrice de Raven]; subtest code de vitesse de traitement (WISC) ; Echelle d'évaluation des fonctions exécutives pour enfant(BRIEV) ; Mesures d'interprétation prosodique (à valeur émotionnelle) de stimuli verbaux.

**Résultats attendus** : Facilitation des processus d'apprentissage cognitif, émotionnel et social.

- Amélioration de la compréhension des expressions faciales, du langage facial ;
- Amélioration de la compréhension du langage verbal (voix parlée) ;
- Amélioration de la compréhension du langage corporel ;
- Amélioration de la compréhension des situations et interactions sociales ;
- Amélioration de la communication verbale et sociale ;
- Amélioration de la cognition et de la réciprocité sociales ;
- Diminution des incompréhensions émotionnelles, cognitives et sociales ;
- Diminution des sentiments de frustration et de colère, des manifestations d'anxiété et des troubles du comportement consécutifs (agitation, mouvements pulsionnels, violence, crises, exclusion) ;
- Facilitation des acquisitions scolaires ;
- Facilitation pour l'intégration scolaire et sociale ;
- Amélioration de l'autonomie individuelle, sociale et collective ;
- Amélioration de la gestion des échanges interpersonnels ;
- Amélioration de la participation active en classe, notamment lors des temps collectifs ;
- Amélioration de la qualité de vie pour l'élève autiste, sa famille, ses pairs, ses enseignants.

**Résultats attendus à moyen et long terme :**Avec de telles retombées à court terme, une phase d'expérimentation à l'échelle nationale (étude multicentrique sur plusieurs académies)s'ouvrira auprès d'une plus large cohorte d'élèvesatteints de désordres du spectre de l'autisme, scolarisés dans les classes ordinaires ou protégées de l'Éducation. Aussi, une autre perspective est d'enrichir le catalogue d'applications en faisant levier sur l'infrastructure technologique offerte par l'école (positionnement géographique, Wifi, interfaçage avec des logiciels pédagogiques et de vie scolaire, etc.) avec toujours pour objectif de favoriser l'inclusion scolaire des élèves autistes.

## Bibliographie


Bajgar, J., &Lane, R. (2004). The Levels of EmotionalAwarenessScale for Children (LEAS-C): ScoringManualSupplement. Wollongong, Australia: University of Wollongong, Illawarra Institute for Mental Health.

Baron-Cohen, S., Leslie, A.M., Frith, U., (1985). Does the autisticchild have a theory of mind? Cognition, 21(1), 37–46

Baron-Cohen, S., Jolliffe, T., Mortimore, C., & Robertson, M. (1997). Anotheradvanced test of theory of mind: evidencefromveryhighfunctioningadultswithautism or asperger syndrome. The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 38(7), 813-822.

Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., &Jolliffe, T. (1997). Is there a "language of the eyes"? Evidence from normal adults, and adultswithautism or Asperger syndrome.Visual Cognition, 4(3), 311-331.

Bastien, J. M. C., & Scapin, D. L. (1995). Evaluating a user interface withergonomiccriteria. International Journal of Human-Computer Interaction, 7(2), 105–121. Taylor & Francis.

Billard, C., Ducot, B., Pinton, F., Coste-Zeitoun, D., Picard, S., Warszavski, J., (2000). BREV : une batterie clinique d'évaluation des fonctions cognitives. Résultats chez 500 enfants normaux, Archives Françaises de Pédiatrie, 7, 128-130.

Bishop, D. V. M., &Norbury, C. F. (2005). Executivefunctions in childrenwith communication impairments, in relation to autisticsymptomatology. 1: Generativity. Autism the international journal of research and practice, 9(1), 7-27.

Carlson, S.M., Moses, L.J., (2001). Individualdifferences in inhibitory control and children'stheory of mind. Child Development, 72(4), 1032-1053.

Cicerone, K.D. et al. (2005) Evidence-Based Cognitive Rehabilitation: UpdatedReview of the LiteratureFrom 1998 Through 2002. ArchPhys Med Rehabil Vol 86, 1681-92

Cohen, M.J., Sloan, D.L., (2007). Visual supports for people withautism: a guide for parents and professionals. Woodbine House, USA

Dalla Piazza, S., Fadanni, D., (2002). L'autisme, méthode TEACCH et méthode LOVAAS : essai de synthèse, Revue Médicale de Liège. 57(7), 463-466.

De Agostini, M., Van Hout, A., Chavancel, M., Deloch, G., &Dellatolasl, G. (1998). Batterie d'évaluation du langage oral de l'enfant aphasique ( ELOLA ) : standardisation franqaise (4-12 ans). Revue de Neuropsychologie, 8(3), 319-367.

Fisk, A. D., Rogers, W. A., Charness, N., Czaja, S. J., &Sharit, J. (2004). Gerontechnology (Vol. 3, pp. 173-175). CRC Press.

Friedman, S. P., Miyake, A., Young, Susan E., DeFries, J. C., Corley, R. P., Hewitt, J. K., (2008). Individualdifferences in executivefunctions are almostentirelygenetic in origin. Journal of ExperimentalPsychology: General, Vol 137(2), 201-225.

Frith, U., Happe,F., Siddons, F., (1994). Autism and theory of mind in everyday life copy. Social Development.

Gagné, A., (2010). J'accueille un élève ayant un trouble du spectre autistique dans ma salle de classe. Conseil des écoles publiques de l'Est de l'Ontario.

Gepner, B., De Gelder, B., & De Schonen, S. (1996). Face processing in autism; Evidence for a generalizeddeficit?ChildNeuropsychology, 2, 123–139.

Gepner, B., Deruelle, C., &Grynfeltt, S. (2001). Motion and emotion: a novelapproach to the study of face processing by youngautisticchildren. Journal of Autism and DevelopmentalDisorders, 31(1), 37-45.

Gepner, B., Mestre, D., (2002). Rapid visual-motion integration deficit in autism.Trends in Cognitive Sciences, 6(11), 455.

Gepner, B., & Tardif, C. (2009). Le monde va trop vite pour l'enfant autiste. La Recherche, 56-59.

Gepner, B., &Féron, F. (2009). Autism: a world changing too fast for a mis-wired brain? Neuroscience and biobehavioral reviews, 33(8), 1227-42.

Gepner, B., Lainé, F., Tardif, C. (2010). Désordres de la constellation autistique : un monde trop rapide pour un cerveau disconnecté ? Psn, 8(2), 67-76.

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.

Grynspzan, O., Nadel, J., Constant, J., Le Barillier, F., Carbonell, N., Simonin, J., Martin, J.C., Courgeon, M., (2009). A new virtualenvironmentparadigm for highfunctioningautismintended to help attentionaldisangagement, in a social contextbrindging the gap between relevance theory and executivedysfunction. Virtual Rehabilitation International Conference, 51-58.

Happé, F. G. (1993). Communicative competence and theory of mind in autism: a test of relevance theory. Cognition, 48(2), 101-119.

Hayes, G. R., Hirano, S., Marcu, G., Monibi, M., Nguyen, D. H., &Yeganyan, M. (2010). Interactive visual supports for childrenwithautism.Personal and UbiquitousComputing, 14(7), 663-680.

Hesling, I., Dilharreguy, B., Peppé, S., Amirault, M., Bouvard, M., & Allard, M. (2010). The integration of prosodic speech in highfunctioningautism: a preliminary FMRI study. PloS ONE, 5(7).

Hetzroni, O. E., Tannous, J. (2004). Effects of a computer-based intervention program on the communicative functions of childrenwithautism.Journal of Autism and DevelopmentalDisorders

Hobson, R. P. (1995). Autism and the Development of Mind (p. 246). PsychologyPress.

Hopkins, I. M., Gower, M. W., Perez, T. A., Smith, D. S., Amthor, F. R., Casey Wimsatt, F., Biasini, F. J. (2011). Avatar Assistant: Improving Social Skills in Studentswith an ASD Through a Computer-Based Intervention. Journal of Autism and DevelopmentalDisorders, 1-13.

Hourcade, J. P., Bullock-Rest, N. E., Hansen, T. E. (2011). Multitouchtablet applications and activities to enhance the social skills of childrenwithautismspectrumdisorders.Personal and UbiquitousComputing, 1-12-12.

Hugues, C., (1998). Findingyourmarbles: doespreschoolers' strategicbehaviorpredictlaterunderstanding of mind? DevelopmentalPsychology, 34(6), 1326-1339.

Kanner, L., (1943). Autisticdisturbances of affective contact, Pathology.

Kampe, K. K. W., Frith, C. D., &Frith, U. (2003). "Hey John": Signalsconveying communicative intention toward the self activatebrainregionsassociatedwith "mentalizing," regardless of modality. Journal of Neuroscience, 23(12), 5258-5263.

Keay-Bright, W., &Howarth, I. (2011). Is simplicity the key to engagement for children on the autismspectrum? Personal and UbiquitousComputing, 16(2), 129-141.

Kent, L., Evans, J., Paul, M., Sharp, M. (1999). Comorbidity of autisticspectrumdisorders in childrenwith Down Syndrome, DevelopmentalMedicine& Child Neurology, 41(3), 153-158.

Kenworthy, L., Black, D.O., Harrison, B., Della Rosa, A., Wallace, G.L., (2009). Are executivefunctionsrelated to autismsymptoms in high-functioningchildren? Child Neuropsychology, 15(5), 425-440.

Lainé, F., Tardif, C., &Gepner, B. (2008). Amélioration de la reconnaissance et de l'imitation d'expressions faciales chez des enfants autistes grâce à une présentation visuelle et sonore ralentie. Annales Médicopsychologiquesrevue psychiatrique, 166(7), 533-538.

Lainé, A., (2009). Spécificités des therapies précoces avec de jeunes enfants sans langage, Enfances & Psy, 42(1), 119-129.

Lainé, F., Rauzy, S., Tardif, C., &Gepner, B. (2011). Slowing down the presentation of facial and body movementsenhances imitation performance in childrenwithsevereautism. Journal of Autism and DevelopmentalDisorders, 41(8), 983-996.

Leirer, V.M., Glöcker, F., Elbert, T., Kolassa, I.T. (2009). An auditory computer-based training for mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease: German prototype of the Brain Fitness program. Proceedings of the 2nd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, 54.

Lott, I. &Dierssen, M. (2010). Cognitive deficits and associatedneurological complications in individualswithDown's Syndrome. The Lancet Neurology, 9(6), 623-633.

Manificat, S., Dazord, A., Cochat, P., Nicolas, J., (1997). Évaluation de la qualité de vie en pédiatrie : comment recueillir le point de vue de l'enfant, Archives de Pédiatrie, 4(12), 1238-1246.

Manly, T., Robertson, IH, Anderson, V., Mimmo- Smith, I. (2004).Test d'évaluation de l'attention chez l'enfant - TEA-Ch. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

McEvoy, R.E, Rogers, S.J., Pennington, B.F. (1993). Executive function and social communication deficits in Young autistic children.Journal of Child Psychology and Psychiatric, 34(4), 563-578.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., &Wager, T. D. (2000). Cognitive Psychology, 41(1), 49-100.

Morin, D., & Maurice, P. (2001). Élaboration de la version scolaire de l'échelle québécoise de comportements adaptatifs (ÉQCA-VS). RevueFrancophone de la Défiscience Intellectuelle 12, 7-20.

Müller, U., Liebermann-Finestone, D. P., Carpendale, J. I. M., Hammond, S. I., &Bibok, M. B. (2012). Knowingminds, controlling actions: the developmental relations betweentheory of mind and executivefunctionfrom 2 to 4 years of age. Journal of Experimental Child Psychology, 111(2), 331-48.

Nakamura, K., Sekine, Y., Ouchi, Y., Tsujii, M., Yoshikawa, M., Futatsubashi, M., Tsuchiya, K.J., Sugihara, G., Iwata, Y., Suzuki, K., Matsuzaki, H., Suda, S., Sugiyama, T., Takei, N., Mori, N., (2010). Brainserotonin and dopamine transporter bindings in adultswith High-functionningautism, Archives of General Psychiatry, 67(1), 59-68.

Ozonoff, S., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1991). Executivefunctiondeficits in high-functioningautisticindividuals: relationship to theory of mind. The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 32(7), 1081-1105.

Parsons, T. D., Rizzo, A. A., Rogers, S., & York, P. (2009). Virtual reality in paediatricrehabilitation: a review. Developmentalneurorehabilitation, 12(4), 224-238.

Porayska-Pomsta, K., Frauenberger, C., Pain, H., Rajendran, G., Smith, T., Menzies, R., Foster, M. E., et al. (2012). Developingtechnology for autism: an interdisciplinaryapproach. Personal and UbiquitousComputing, 16(2), 117-127.

Premack, D., &Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? Behavioral and Brain Sciences, 4, 515-526.

Ramdoss, S., Mulloy, A., Lang, R., O'Reilly, M., Sigafoos, J., Lancioni, G., Didden, R., et al. (2011). Use of computer-based interventions to improveliteracyskills in studentswithautismspectrumdisorders: A systematicreview. Research in Autism Spectrum Disorders, 5(1), 1306-1318

Raven, J.C. (1936). Mental tests used in geneticstudies: the performance of relatedindividuals on tests mainlyeducative and mainly reproductive, Unpublished Master Thesis, University of London.

Rayner, C., Denholm, C., Sigafoos, J., (2009). Video-based intervention for individualswithautism: key question thatremainunanswered. Research in Autism Spectrum Disorders, 3(2), 291-303

Schmitz, C., Martineau, J., Barthélémy, C., Assaiante, C., (2003). Motor control and childrenwithautism: deficits of anticipatoryfunction?NeuroscienceLetters, 348(1), 17-20.

Silver, M., &Oakes, P. (2001). Évaluation of a new computer intervention to teach people withautism or Aperger syndrome to recognize and predict émotions in others, Autism, 5(3), 299-316.

Schlosser, R.W., Wendt, O., (2008). Effects of augmentative and alternative communication intervention on speech production in childrenwithautism: a systematicreview. American Journal of Speech-LanguagePathology, Vol.17 212-230.

Schopler. E., &. Reichler, R.J., De Velus, R.F., &. Daly, K. (1980). Toward objective classification of childhoodautism : ChildhoodAutism Rating Sca1c (CARS). Journal of Autism and DevelopmentalDisorders, 10, 91-103.

Seltzer, M. M., Abbeduto, L., Krauss, M. W., Greenberg, J., &Swe, A. (2004). Comparison groups in autismfamilyresearch: Down syndrome, fragile X syndrome, and schizophrenia. Journal of Autism and DevelopmentalDisorders, 34(1), 41-8.

Svensk, A., (2001). Design for cognitive assistance. LicentiateThesis CERTEC, 1

Tanaka, J. W., Wolf, J. M., Klaiman, C., Koenig, K., Cockburn, J., Herlihy, L., et al. (2010). Usingcomputerizedgames to teach face recognition skills to childrenwithautismspectrumdisorder: the Let's Face It! program. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 51(8), 944–952.

Tardif, G., (2002). Le sens de la parole : des maux vers les mots…, Psychologie Québec.

Tardif, C., Lainé, F., Rodriguez, M., &Gepner, B. (2007). Slowing down facial movements and vocal soundsenhances facial expression recognition and facial-vocal imitation in childrenwithautism. Journal of autism and developmentaldisorders, 37, 1469-1484.

Virtués-Ortega, J., (2010). AppliedBehaviorAnalytic intervention for autism in earlychildhood: meta-analysis, meta-regression and dose-responsemeta-analysis of multiple outcomes, ClinicalPsychologyReview, 30(4), 387-399.

Vickerstaff, S., Heriot, S., Wong, M., Lopes, A., Dossetor, D., (2007). Intellectualability, self-perceived social competence, and depressivesymptomatology in childrenwithhigh-functioningautisticspectrumdisorders, Journal of Autism and DevelopmentalDisorders, 37(9), 1647-1664.

Whalen, C. Moss, D. Ilan, A.B. Vaupel, M. Fielding, P. Macdonald, K. Cernich, S. Symon, J. (2010).Efficacy of TeachTown: Basics computer-assisted intervention for the Intensive ComprehensiveAutism Program. Los Angeles UnifiedSchoolDistrict*Autism,* 14,179-197.

Yirmyia, N., Solomonica-Levi, D., Shulman., C., Pilowsky, T., (1996) Theory of mindabilities in individualswithautism, down syndrome, and mental retardation of unknownetiology, the role of age and intelligence. Journal of Child Psychology and Psychiatric, 37(8), 1003-1014.

Zarit, S.H., Reever, K.E., Bach-Peterson, J., (1980), Relatives of the impairedelderly: correlates of feelings of burden, The gerontologist, 20(6), 649-655.

*L'article suivant, publié dans la Revue de Rééducation Orthophonique en 2015, sur invitation de l'éditeur, présente la conception d'applications mobiles pour l'assistance des enfants avec TSA en classe ordinaire.*

# Application Mobile d'Aide à la Conduite d'Activités pour l'Inclusion en Classe Ordinaire des Collégiens avec Troubles du Spectre Autistique.

Charles Fage, Université de Bordeaux, Inria Bordeaux Sud-Ouest
Charles Consel, Bordeaux INP, Inria Bordeaux Sud-Ouest
Hélène Sauzéon, Université de Bordeaux, Inria Bordeaux Sud-Ouest
Email : {prénom.nom}@inria.fr
Adresse : Centre Inria Bordeaux Sud-Ouest, 200 Avenue de la Vieille Tour, 33405 Talence

**Résumé**
Inclure les enfants avec Troubles du Spectre Autistique (TSA) dans des environnements de vie quotidienne créé un besoin pour de nouvelles interventions dont l'efficacité doit être évaluée in situ. Cet article présente une application d'aide à la conduite d'activités conçue en suivant une approche dite de "design participatif", incluant des enseignants des classes ordinaires, des enseignants spécialisés et des auxiliaires de vie scolaire. Cette application adresse deux domaines d'activités : les routines de classe et la communication verbale.
L'efficacité de cette application a été testée dans une étude pilote impliquant 10 élèves avec TSA en inclusion en classe ordinaire. Nous montrons que (1) l'utilisation de notre application est rapidement auto-initiée et (2) les activités assistées par l'application sont mieux réalisées différemment après trois mois d'intervention.

## Tablet-based Activity Schedule Application for School Inclusion of Children with Autism Spectrum Disorders in Mainstream Classroom

**Abstract**
Including children with Autism Spectrum Disorders (ASD) in mainstreamed environments creates a need for new interventions whose efficacy must be assessed in situ. This paper presents a tablet-based application for activity schedules that has been designed following a participatory design approach involving mainstream teachers, special-education teachers and school aides. This applications addresses two domains of activities: classroom routines and verbal communications.
We assessed the efficiency of our application with a pilot study involving 10 children with ASD in mainstream inclusion. We show that (1) the use of the application is rapidly self-initiated and that (2) the tablet-supported routines are differently executed over time according to the activity domain conditions.

**Mots-clés**
Troubles du Spectre Autistique ; Application mobile ; Programme d'activités ; Design participatif ; inclusion en environnement de vie quotidienne ; contenus idiosyncratiques

Autism Spectrum Disorders ; Tablet application ; Activity schedules ; Participatory design ; Inclusion in mainstream environment ; Idiosyncratic multimedia contents

## Introduction
De nombreux travaux avancent qu'une inclusion en classe ordinaire produit des effets bénéfiques chez les enfants avec TSA (Hunt & McDonnell, 2007). Cependant, l'inclusion de ces élèves est souvent freinée par les appréhensions des équipes éducatives qui

présument des effets négatifs sur le fonctionnement de la classe si l'étudiant n'est pas suffisamment autonome dans un certain nombre d'activités (Harrower & Dunlap, 2001). Précisément, les enfants avec TSA peuvent nécessiter une aide pour réaliser les routines quotidiennes, passer d'une tâche à une autre et s'engager dans des interactions sociales (Cramer et al., 2011). Si ces besoins spécifiques ne sont pas adressés, ils peut en résulter des interruptions dans le cours qui diminuent les opportunités d'apprentissage pas seulement pour les enfants avec TSA, mais pour tous les élèves de la classe (Mccurdy & Cole, 2013).

Les programmes d'activité (prompteurs d'étapes de l'activités) sont une méthode efficace pour permettre aux enfants avec TSA d'atteindre une meilleure autonomie (Koyama & Wang, 2011 ; Lequia et al., 2012 ; Mcclannahan & Krantz, 1999). Un programme d'activité est basé sur des séquences de textes et/ou images qui décomposent une tâche ou une activité en étapes successives (Mcclannahan & Krantz). En suivant une telle séquence, les utilisateurs peuvent réaliser des tâches, en utilisant des supports papier (Koyama & Wang, 2011) et des tablettes tactiles (Cihak et al., 2010 ; Hirano et al., 2010). Par conséquent, les programmes d'activité apparaissent comme une méthode d'assistance prometteuse, spécialement lorsqu'elle est réalisée sur tablette (moins d'encombrement matériel). La préférence des enfants avec TSA pour cette technologie a été largement documentée (Sampath et al., 2012, Tentori et al., 2010).

De façon surprenante, l'utilisation des programmes d'activité en milieu scolaire est proposée uniquement dans les classes spécialisées et non comme support d'inclusion en classes ordinaires. Cette situation pourrait être due à la difficulté de spécifier les tâches qui doivent être supportées en classe ordinaire, comparé aux classes spécialisées. Par exemple, contrairement à ces dernières, l'inclusion en classe ordinaire au collège implique des changements fréquents en termes de classe, d'enseignants, et de camarades. De plus, dans ces environnements écologiques, les pédagogies personnalisées se heurtent aux contraintes matérielles de l'exercice de la profession (*e.g.* effectifs beaucoup plus importants en classe ordinaire). Par exemple, un focus pédagogique sur une tâche unique ou sur un ensemble limité de tâches est possible dans l'environnement protégé de la classe spécialisée, alors qu'un large ensemble de tâches correctement exécuté est implicitement attendu dans les environnements ordinaires.

Cet article présente la conception d'une application mobile, appelée *Classroom Schedule+ (CS+),* qui propose des programmes d'activités pour les routines de classe et de communication verbale. Cette conception a été menée dans une approche de “design participatif”, en incluant toutes les parties prenantes d'une inclusion scolaire. Les élèves avec TSA ont utilisé l'application en classe ordinaire. Une étude expérimentale a comparé les performances d'élèves avec TSA équipés avec celles d'élèves avec TSA non-équipés.

## État de l’art

*Les technologies d'assistance en milieu scolaire*

Plusieurs outils sur support numérique ont été développés pour assister l'inclusion en environnement de vie quotidienne. Par exemple, Escobedo et al. proposent un outil basé sur smartphone pour pratiquer les compétences sociales durant les récréations, en utilisant une approche basée sur la réalité augmentée (Escobedo et al., 2012). Pour autre exemple, on peut citer le gestionnaire de tâche, implémenté sur un

smartphone, qui a été utilisé par de jeunes adultes avec TSA étudiant à l'université (Gentry et al., 2010).

*Les programmes d'activité en milieu scolaire*

Récemment, les principes des programmes d'activité ont été explorés pour sous-tendre la conception de technologies pour les enfants avec TSA. Spécifiquement, les programmes d'activité basés sur papier sont principalement utilisés par les enseignants spécialisés avec les élèves avec TSA ; ces supports consistent généralement en une ligne d'images ou de photographies, accrochées avec du Velcro© (Hirano et al., 2010). Cependant, ils présentent des limites pour les enseignants spécialisés et les auxiliaires de vie scolaire. Notamment, la préparation de ces supports demande beaucoup de temps, et il est difficile de garder une trace des progrès des élèves (Hirano et al., 2010). En conséquence, ces programmes d'activité peuvent être considérablement améliorés s'ils sont implémentés sur tablette (Cihak et al., 2010 ; Hirano et al., 2010). Hirano et al. ont développé vSked, un programmes d'activité interactif destiné aux classes spécialisées (Hirano et al., 2010). Le système vSked a été conçu pour inclure aussi bien les bénéfices d'un programme d'activité traditionnel (*e.g.* transitions entre les activités, engagement indépendant dans la conduite de tâche) que de nouvelles fonctionnalités, comme la création dynamique de routine et le suivi en temps réel de la progression lors de l'utilisation. Cihak et al. ont assisté des élèves avec TSA dans l'initiation d'une tâche en classe ordinaire (*e.g.* écrire, lire ou écouter), et pas dans la conduite d'une séquence d'activités (Cihak et al., 2010). Les auteurs utilisent des photos présentées aux élèves, les représentant dans leur engagement dans la tâche pour supporter l'initiation de la tâche scolaire. Ces photos ont été insérées dans une présentation PowerPoint© sur un ordinateur de poche.

Par conséquent, à notre connaissance, il n'existe pas d'étude testant l'utilisation de programmes d'activité pour supporter l'inclusion d'élèves avec TSA en classe ordinaire, bien que leur efficacité ait été démontrée en classe spécialisée.

*Principes généraux pour le développement de technologies interactives pour les enfants avec TSA*

Fréquemment, la recherche dans la conception de technologies interactives pour les enfants avec TSA recommande simplicité, prédictabilité, et correspondance claire entre les actions (Hayes et al., 2010 ; Hourcade et al., 2013). Parce que les personnes avec TSA ont tendance à traiter l'information visuelle de manière plus efficace par rapport à l'information auditive, les interventions existantes reposent sur des supports visuels (Hayes et al., 2010 ; Hirano et al., 2012 ; Hourcade et al., 2013). L'autisme étant considéré comme un spectre, la sévérité des difficultés rencontrées est extrêmement variable entre ces enfants. Les technologies d'assistance doivent donc être suffisamment flexibles pour assister et s'adapter au cas unique de chaque enfant, dans son développement (Hayes et al., 2010). Les stimuli distracteurs doivent être évités. Plus précisément, les technologies d'assistances ne devraient pas présenter d'erreurs pour réduire la frustration (*e.g.* pas de message d'erreur, pas de mauvaise réponse) (Hourcade et al., 2013). Ces principes connus participent à l'utilisabilité et l'efficacité des technologies interactives pour ces enfants (Hayes et al., 2010 ; Hirano et al., 2012 ; Hourcade et al., 2013). Cependant, ces principes ne semblent pas suffisants pour s'assurer que la technologie s'accorde avec les contraintes des environnements de vie quotidienne.

*Approche de conception participative*

La conception participative créé un grand intérêt dans le domaine des technologies d'assistance (Druin, 2002) parce qu'elle repose sur l'implication des utilisateurs finaux et toutes les parties prenantes pour identifier les besoins et les contraintes du futur contexte d'utilisation. Elle a été largement utilisée dans la conception de technologies pour les enfants avec TSA (Benton et al., 2012 ; Frauenberger et al., 2011), notamment le système vSked pour identifier les besoins et les contraintes de la classe spécialisée (Hirano et al., 2010). À notre connaissance, une telle approche n'a pas été adoptée pour analyser les besoins des élèves avec TSA lors de leur primo-inclusion en classe ordinaire. Pourtant, une approche participative pourrait permettre d'identifier les activités qui nécessitent une assistance pour les élèves avec TSA lors de leur première inclusion en classe ordinaire mais aussi de définir les contraintes socio-environnementales à prendre en compte pour assurer l'utilisation de l'outil en classe.

*But de l'article*

Nous avons conduit une approche de conception participative pour le développement d'une application qui propose des programmes d'activités pour assister les élèves avec TSA lors de leur inclusion en classe ordinaire. Nous avons testé l'efficacité de cette application auprès d'élèves avec TSA en primo-inclusion au collège.

## Conception

Nous allons maintenant développer les principes de conception voués à rendre l'usage de programme d'activité possible dans des classes ordinaires.

*3.1 Principes de conception*

Les exigences liées aux règles implicites et explicites des classes ordinaires ont été mises en évidence par l'équipe pédagogique, souvent en accord avec la littérature. Concrètement, nous avons travaillé avec 3 enseignants spécialisés et 5 auxiliaires de vie scolaire; tous avaient au moins 5 années d'expérience dans l'accompagnement d'enfants avec TSA. Nous avons également travaillé avec une douzaine d'enseignants qui avaient déjà reçu des élèves avec TSA dans leur classe. L'équipe de chercheurs incluait des psychologues, ainsi que des chercheurs en informatique et sciences cognitives. Nous avons mené des entretiens qui ont abouti à l'établissement de cinq grands principes à prendre en compte pour la conception de notre application mobile d'assistance à la réalisation de tâche.

*Les programmes d'activité doivent promouvoir la lecture*

Les compétences de lecture sont un besoin transverse dans le milieu scolaire. En conséquence, l'assistance à ce genre de compétences est en accord avec les objectifs scolaires d'apprentissage. Pour se faire, un double codage visuel (*i.e.* image et texte) a été appliqué pour chaque étape des séquences de notre application.
Textes et informations visuelles ont été couplés pour donner aux élèves non lecteurs l'opportunité d'associer les mots aux images.

*Les séquences doivent* être *courtes*

Le flux d'instruction en classe est critique pour certains élèves, notamment pour ceux avec TSA. L'équipe pédagogique était unanime sur le fait que l'intervention devait être aussi courte que possible, pour éviter que l'élève ne perde le fil de la classe. Ainsi,

pour supporter les élèves avec TSA, un programme d'activité doit être aussi court que possible (*i.e.* activités décomposées en peu d'étapes). Ce principe est en accord avec les principes généraux de conception d'un tel assistant (Mcclannahan & Krantz, 2010).

*Les images et les phrases doivent* être *concrètes et idiosyncratiques*

Chaque étape d'une séquence de notre assistant inclut une image et une phrase. L'équipe pédagogique était unanime sur le fait que les images et phrases devaient être idiosyncratiques (*i.e.* spécifique à une personne). De plus, à cause de la complexité de l'exigence de multiples comportements concurrents dans le milieu académique (*e.g.* attendre devant la porte avec ses camarades, attendre le signal du professeur, *etc.*), l'utilisation d'images représentant l'élève lui-même, similaires à celles proposées par Cihak et al. (Cihak et al., 2010), est recommandée. Par exemple, pour assister un comportement de classe (*e.g.* lever le doigt), les images de l'élève lui-même réalisant la tâche devraient être utilisées (voir Figure 1).

**Figure 1. Deux exemples d'images idiosyncratiques**

*Indication visuelle des progrès*

Pour aider les élèves à mieux gérer leur temps, il est important de leur donner une indication de leur progrès dans la séquence de la tâche en cours. De plus, l'utilisation d'indices visuels figurant le cours temporel conduit à réduire l'anxiété - particulièrement présente en classe ordinaire. L'utilisation de ces retours visuels pourrait mener à la réduction des comportements inadaptés.

*Les assistants à la réalisation de tâche ne doivent pas utiliser le canal auditif*

L'intervention en classe exclut le matériel audio. Premièrement, ils nécessiteraient l'utilisation d'écouteurs qui causerait une exclusion sensorielle, écartant l'élève d'une participation à la classe. Deuxièmement, les écouteurs stigmatiseraient l'élève face à ses camarades. L'utilisation de la technologie pour l'inclusion doit être la moins intrusive possible.

*3.2. Identification des activités de classe*

Étant donnés ces principes, nous avons travaillé avec les parties prenantes pour lister les activités d'intérêt en classe d'inclusion. Cette étape a été suivie par une sélection des activités critiques qui doivent faire l'objet d'un support d'assistance.

*Liste générale*

Nous avons d'abord listé les activités impliquées dans l'inclusion scolaire grâce à une approche participative. Ces activités ne concernent pas les activités académiques mais le fonctionnement de la classe, impliquant les élèves. En effet, notre support technologique n'est pas un outil pédagogique pour améliorer les performances d'apprentissage des élèves, mais pour garantir un fonctionnement typique de la classe. Les enseignants des classes ordinaires, les enseignants spécialisés ainsi que les auxiliaires de vie scolaire ont participé à lister les activités des classes ordinaires. Quelques exemples d'activités générales en classe ordinaire proposées : Se rendre devant la classe ; Répondre à un camarade ; Suivre des explications ou des consignes complexes ; Répondre à des questions à propos d'un texte qui vient d'être lu etc.
Un total de 27 activités générales en classe ordinaire a été proposé par les parties prenantes.

*Sélection de la priorité*

La seconde étape a été de sélectionner les activités critiques à supporter dans cette liste générale. Ces activités devaient impérativement éviter à l'élève de perturber le fonctionnement de la classe. En effet, certaines activités créent des perturbations critiques, et l'équipe pédagogique est fréquemment obligée de suspendre l'inclusion de l'élève avec TSA et de le replacer dans la classe spécialisée pour la fin du cours (Harrower & Dunlap, 2001). De plus, pour créer les assistances à la réalisation de ces tâches, nous avons sélectionné des activités avec un début et une fin clairement identifiables (Mcclannahan & Krantz, 2010).
Ces activités critiques peuvent être regroupées respectivement en deux domaines principaux : les routines de classe et la communication verbale (voir Tableau 1).

| Routines de Classe | Communication Verbale |
|---|---|
| Écouter et prendre des notes | Répondre au professeur |
| Se rendre devant la classe | Répondre à un camarade |
| Quitter la classe | Parler au professeur |
| Sortir ses affaires | Parler à un camarade |
| Utiliser l'agenda | |

**Tableau 1. Les deux domaines d'activités de classe.**

*3.3. Séquençage*

Chaque activité des deux domaines a été décomposée en séquences en suivant la méthode décrite par McClannahan and Krantz (1999). De plus, les auteurs ont spécifié des règles à suivre pour créer un programme d'activité : il doit être facile à manipuler, inclure au moins une initiation sociale lorsque c'est possible, finir avec un renforçateur (*e.g.* "Fini !") *etc*. (McClannahan and Krantz, 1999).

Chaque activité de classe implique une séquence d'étapes. Nous avons développé une activité de chaque domaine pour exemples. Pour toutes les activités de communication verbale, plusieurs choix étaient possibles. Par exemple, dans l'activité "Parler au professeur", 3 choix sont proposés : faire un commentaire, demander une explication ou demander de répéter. Ces tâches doivent amener l'élève à prendre conscience du but de sa communication. Voici un exemple de l'un d'eux (voir Tableau 2).

| Demander une répétition |
| --- |
| Lève le doigt |
| Attend la réponse du professeur |
| Dit : « Pourriez-vous répéter s'il vous plait ? » |
| *Fini !* |

Tableau 2. Exemple de l'activité "Parler au professeur"

## Description de l'application

Notre système de programmes d'activité est implémenté sur tablette tactile. Cette plateforme permet de riches supports visuels et permet à l'application d'être utilisée dans n'importe quel environnement. De plus, les tablettes ne sont pas stigmatisantes : elles sont de plus en plus utilisées en tant que plateforme de jeux. Leur efficacité comme support d'intervention a été démontrée auprès des élèves avec TSA (Escobedo et al., 2012 ; Hirano et al., 2010 ; Hourcade et al., 2013).

Bien que chaque élève soit responsable de sa tablette, l'assistante de vie scolaire peut initier son utilisation. Spécifiquement, elle surveille l'élève et le fil du cours pour déterminer si un programme d'activité devient pertinent. Lorsqu'une telle situation se produit, elle lance le programme d'activité approprié ou invite l'élève à le faire grâce à la liste d'activités proposée dans le coin supérieur gauche de l'écran. Chaque programme d'activité est représenté par un texte (titre) et une petite image (miniature). Après un moment, l'assistante de vie scolaire s'assure seulement que l'élève initie l'utilisation de la tablette et la sélection du programme approprié.

La sélection d'un programme d'activité comporte trois étapes : (1) le domaine d'activités, (2) l'activité, et (3) la tâche à accomplir. Ces étapes sont destinées à structurer la manière dont l'élève devrait s'engager dans la conduite d'une activité, puisque la planification (*i.e.* les étapes de l'activité) a été externalisée sur la tablette. Examinons maintenant chaque étape en détail. Dans la première étape, l'utilisateur choisit entre les deux domaines d'activité : les routines de classe et la communication verbale (voir Figure 2). Dans la seconde étape, une liste d'activités est affichée (coin supérieur gauche de l'écran). Notez que dans le cas de la communication verbale, ces activités sont séparées en deux catégories : répondre et initier la parole. La troisième étape propose une ou plusieurs tâches qui adressent les situations dans l'activité.

Figure 2. La sélection d'un programme d'activités

Une fois que le programme d'activité est utilisé par l'élève, l'auxiliaire de vie scolaire supervise uniquement le processus. L'élève est guidé à chaque étape de l'activité via une image annotée avec des instructions. Ce processus de guidage est idiosyncratique dans le sens où il consiste en photographies de l'élève réalisant les étapes requises. De plus, une barre de progression permet à l'élève de visualiser où il se trouve dans la séquence.

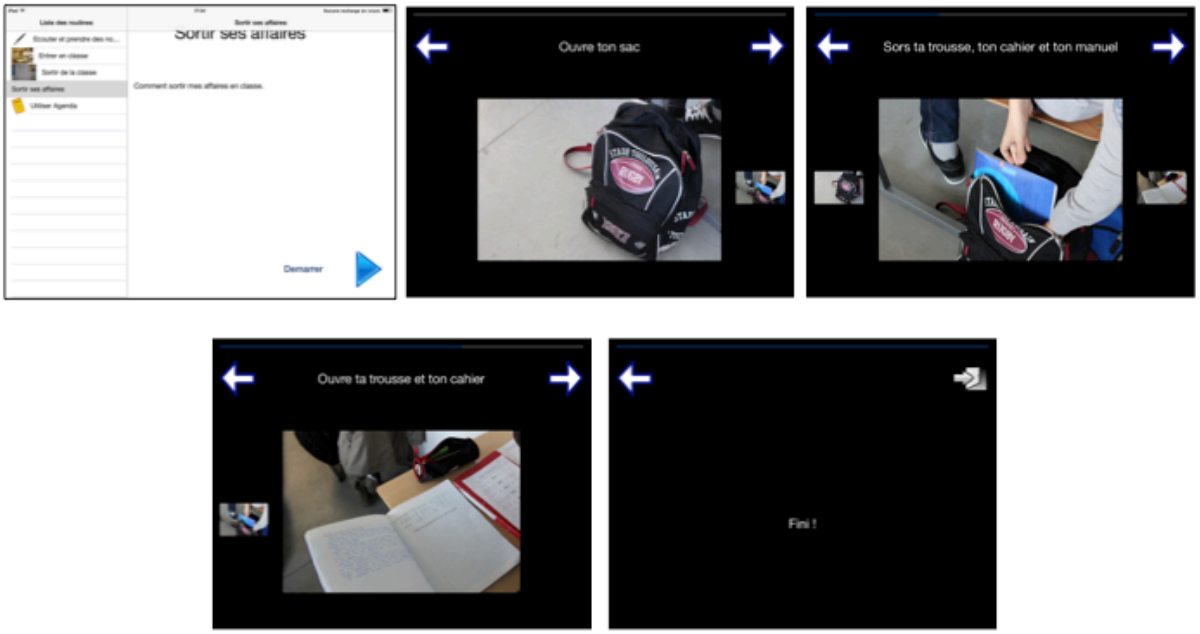



**Figure 3. Chaque étape de l'activité "Sortir ses affaires"**

## Évaluation

*Participants*

Notre étude s'est déroulée dans des collèges proposant des dispositifs ULIS (Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire) pour l'accueil d'enfants avec handicap. Un total de 10 élèves, entre 13 et 17 ans, ont été inclus dans notre étude. Cinq des participants étaient des enfants avec TSA équipés avec *CS+* (cinq garçons), cinq autres étaient des enfants avec TSA non-équipés (4 garçons et une fille). Les deux groupes ont été appariés sur l'âge chronologique ($M_{équipé}$ = 15.00; SD=1.22; $M_{Non\text{-}équipé}$ = 14.60; SD=1.14; p > 700) et sur le fonctionnement intellectuel (QI estimé à partir du WISC-IV abrégé (Gregoire, 2000); $M_{équipé}$ = 74.00; SD=29.83; $M_{Non\text{-}équipé}$ = 66.50; SD=26.72; p > .600). Les comparaisons entre les groupes ont été testées en utilisant un test non-paramétrique (U de Mann-Whitney). Le diagnostic de TSA a été conduit par des neuro-pédiatres en accord avec les critères du DSM-IV (APA, 2000) et l'échelle “Autism Diagnostic Interview-Revised” (Lord et al., 1994). Pour tester la sévérité des difficultés sociales en milieu scolaire, l'enseignant de chaque classe spécialisée a complété, avant l'intervention, la version française de la Social Responsiveness Scale (SRS) (Constantino et al., 2003). Concrètement, la SRS fournit un score quantitatif des difficultés sociales en environnement de vie quotidienne. Les deux groupes d'élèves avec TSA présentent des troubles sociaux en contexte scolaire non significativement différents (*i.e.* $M_{équipé}$ = 79.80; SD=37.42; $M_{Non\text{-}équipé}$ = 86.80; SD=30.51; p > .700). Comme recommandé par la convention d'Helsinki (1964), les consentement des parents et des enfant ont été obtenus avant l'intervention. Enfin, le comité d'éthique de notre université a approuvé notre protocole expérimental avant le recrutement des participants.

*Matériel et méthode*
En plus d'assister les élèves avec TSA en classe ordinaire, notre application collecte des informations relatives à son utilisation (*i.e.* le nombre d'utilisations en classe d'inclusion par type d'activité). Ces données sont complétées par une mesure comportementale adressant l'efficacité et l'utilisation de *CS+* (voir Figure 4).

*Efficacité de CS+*
Nous avons construit un questionnaire spécifique pour mesurer la réalisation de chaque tâche des deux domaines d'activités en s'inspirant du système de cotation de l'EQCA-VS (Morin & Maurice, 2001). Chaque étape de chaque tâche est évaluée par l'auxiliaire de vie scolaire comme suit : le comportement n'est "pas observé","réalisé sur demande, avec aide ou partiellement" ou "réalisé en autonomie". Le score est établit come suit : "non observé" / "non réalisé" est côté 0 ; "réalisé sur demande, avec aide ou partiellement" est côté 1 ; "réalisé en autonomie" est côté 2. Chaque activité est donc côtée en fonction de chacune de ses étapes. Pour analyser les résultats, nous avons d'abord attribué un score à chaque activité comme suit : si chaque étape de l'activité est côtée 2, alors le pourcentage de l'activité est de 100. Dans ce cas, l'élève est capable de réaliser cette activité de façon autonome. Ensuite, une moyenne des pourcentages de chaque activité est calculée pour chacun des deux domaines, qui résultent en un pourcentage pour les routines scolaires et un pourcentage pour la communication verbale, pour chaque élève.

*Utilisation de CS+*
Cette partie du protocole a concerné les observations de l'auxiliaire de vie scolaire sur l'utilisation de *CS+* par chaque élève ainsi que les données d'interaction extraites des applications.

- Utilisation autonome : à la fin de chaque mois d'intervention, l'auxiliaire de vie scolaire devait indiquer si l'élève utilisait l'application de manière autonome et appropriée (côté 1) ou s'il avait besoin d'aide pour l'utiliser (côté 0).
- Nombre de routines activées : à partir des données d'interaction, le nombre des routines activées en classe durant la période d'inclusion a été collecté (*i.e.* pour chaque inclusion en classe sur une période d'un mois).

*Procédure*
Avant notre intervention, des réunions ont été menées avec les enseignants des classes ordinaires, les enseignants spécialisés, les auxiliaires de vie scolaire, et les enfants. Le but était de présenter globalement notre procédure (voir Figure 4), expliquer l'importance d'utiliser régulièrement notre application, et répondre à leurs questions. Nous avons également donné une démonstration de notre outil, en expliquant son fonctionnement.
Pour créer une ligne de base d'observation (pré-intervention), l'enseignant spécialisé de chaque élève avec TSA a rempli un formulaire d'informations démographiques ainsi que l'échelle SRS. Les élèves ont complété le WISC-IV abrégé.
Les participants étaient ensuite observés durant leur inclusion en classe ordinaire (Français, Mathématiques, Histoire, Géographie, ou Biologie) durant deux semaines. Dans le contexte de notre intervention, chaque participant a été inclus dans une nouvelle matière, dans laquelle des situations nouvelles pouvaient se produire. Il s'agissait d'un cours d'une heure à raison d'une fois par semaine sur une période de trois mois. Une auxiliaire de vie scolaire a accompagné chaque élève dans son inclusion. Chaque

auxiliaire de vie scolaire a été formée à l'accompagnement des élèves avec TSA. De plus, il leur a été expliqué comment utiliser *CS+* pour jouer le rôle de support social à son utilisation. Lors de chaque cours d'inclusion, l'auxiliaire de vie scolaire a complété un questionnaire spécifique pour collecter les observations des activités de chaque élève (équipé). Toutes les mesures post-intervention ont été récoltées dans les deux semaines suivant la fin des trois mois d'intervention. Tous les entretiens se sont déroulés au collège ou au domicile.

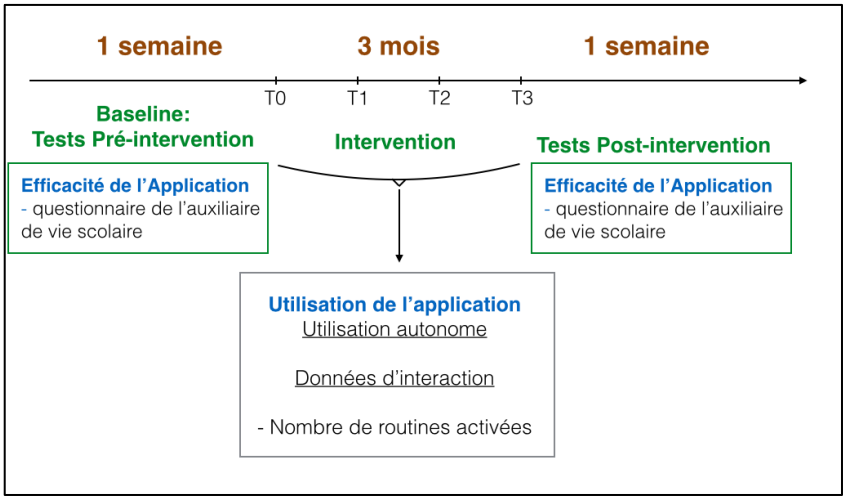



**Figure 4. Procédure d'évaluation**

*Plan et traitements statistiques*

Pour mesurer l'efficacité de notre intervention, un plan factoriel mixte a été implémenté avec deux facteurs intra-individuels et un facteur inter-individuel. Les facteurs intra-individuels étaient le Domaine d'Activité, comportant deux modalités (Routines de classe vs. Communication verbale) et le Temps, comportant deux niveaux (pré- et post-intervention). Le facteur inter-individuel était le Groupe, comportant deux modalités (équipé et non-équipé).

Pour mesurer l'utilisation autonome, le test de Friedman a été utilisé avec le facteur Temps (après un mois, après deux mois, après trois mois d'intervention) comme variable indépendante. Pour les données d'interaction avec *CS+*, le plan factoriel incluait seulement les facteurs intra-individuels : le Domaine d'Activité, à deux niveaux (Routine de classe vs. Communication verbale) et le Temps, à deux modalités également (après un mois et après trois mois d'intervention).

Toutes les mesures dépendantes étaient numériques. Toutes les comparaisons ont été menées avec des tests non-paramétriques comme recommandé pour des échantillons réduits avec des distributions non-normales, et notamment le U de Mann-Whitney (facteur inter-individuel) et le test de Wilcoxon (facteur intra-individuel). Le logiciel SPSS-19 a été utilisé pour les analyses statistiques.

*Résultats*

Dans l'ensemble, les résultats supportent l'efficacité de *CS+* en montrant qu'aussi bien les routines de classe que la communication verbale en classe ordinaire sont significativement améliorées pour les élèves avec TSA équipés comparé aux élèves non-équipés. On peut remarquer que les progrès pré-post sont plus importants dans le domaine des routines de classe que de la communication verbale pour tous les élèves. Aussi, les observations de l'auxiliaire de vie scolaire indiquent que les élèves ont atteint une utilisation autonome de *CS+* au cours du deuxième mois d'utilisation. Enfin, les données d'interaction ont indiqué que l'utilisation de *CS+* était haute et inchangée au

cours du temps dans le domaine de la communication verbale. Par contre, dans le domaine des routines de classe, l'utilisation de *CS+* était haute seulement durant le premier mois d'inclusion scolaire et s'est considérablement réduite durant le dernier mois d'intervention.

*Efficacité de CS+ (voir Figure 5)*
L'ANOVA révèle un effet significatif pour le Domaine d'Activité [$F(1, 8)=62.74$; $p < .0001$] et le Temps [$F(1,16)= 32.50$; $p < .001$] sur les routines correctement réalisées en classe. L'effet d'interaction entre le Temps et le Domaine d'Activité est également significatif [$F(1, 8) = 14.47$; $p < .01$] et suggère que l'amélioration de la performance au cours du temps est plus forte dans le domaine de la communication verbale que dans celui des routines de classe, pour les deux groupes d'élèves avec TSA. De manière importante, l'effet d'interaction entre les facteurs Groupe et Temps démontre que l'amélioration de la performance au cours du temps est significative pour les élèves équipés de *CS+* ($z = -2.80$; $p < .01$), alors qu'un tel effet n'est pas obtenu pour les élèves non-équipés ($z = -1.35$; $p > .100$).

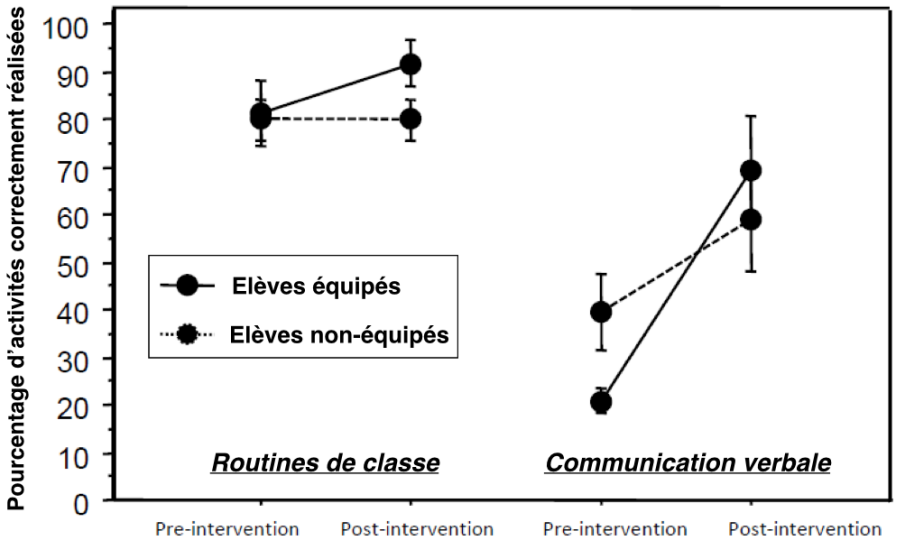



**Figure 5. Pourcentage des activités correctement réalisées en classe en fonction du Domaine d'Activités et du Groupe.**

*Utilisation de CS+ en classe ordinaire.*

- Mesure de l'utilisation autonome : l'effet du facteur Temps est significatif [chi 2=6.50; p < 04]. Une utilisation autonome de notre application est atteinte par quasiment tous les élèves après deux mois d'utilisation ($M_{après_un_mois}$=0.20; SD=0.44; $M_{après_deux_mois}$ =0.80$; SD=0.44; $M_{après_trois_mois}$ =1.00; SD=0.00).
- Pour le nombre de routines activées : l'ANOVA révèle un effet du facteur Temps [$F(1,4)=12,24$; $p < .04$], indiquant que le nombre de routines activées décroit au cours du temps. Aussi, bien que l'effet d'interaction (Temps x Domaine d'Activités) n'ait pas atteint le seuil de significativité ($p > .05$), les comparaisons post-hoc indiquent que l'utilisation de *CS+* ne diffère pas entre les deux domaines d'activité au cours du premier mois ($z = -0.36$; $p > .700$), alors que l'utilisation pour le domaine des routines de classe était plus faible que pour le domaine de la communication verbale au cours du troisième mois d'intervention ($z = -2.02$; $p < .04$) (voir Figure 6).

## Discussion

À notre connaissance, il n'existe pas d'étude portant sur la validation d'un système de programme d'activité sur support numérique pour assister les élèves avec TSA en environnement scolaire ordinaire. De plus, nous n'avons pas trouvé d'étude portant sur les contenus idiosyncratiques dans les programmes d'activité pour assister les élèves avec TSA en primo-inclusion en classe ordinaire. Les résultats présentés ici proposent

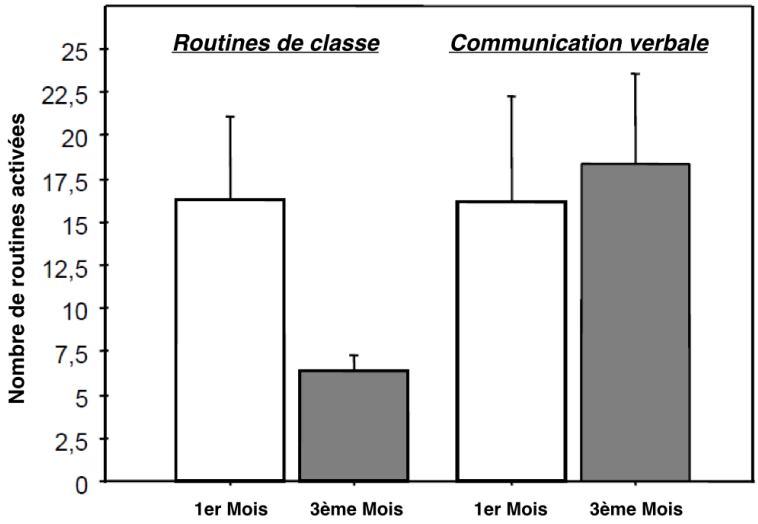



**Figure 6. Nombre de routines activées par le groupe TSA équipé selon le Domaine d'Activités.**

des éléments sur ces thématiques. Inclure des élèves avec d'autres troubles (*e.g.* Déficience Intellectuelle) a enrichi nos résultats en suggérant lesquels des principes de conception proposés dans cet article sont spécifiques aux élèves avec TSA et lesquels peuvent s'appliquer aux deux populations.

*Utilisation autonome et efficace en environnement de vie quotidienne*

Nos résultats empiriques suggèrent que *CS+* propose aux élèves avec TSA un support d'assistance à la réalisation de tâche pertinent en environnement de vie quotidienne, comme la classe ordinaire. De manière importante, les routines socio-adaptatives ont été largement améliorées pour les élèves avec TSA équipés, et ce malgré le temps réduit d'intervention (*i.e.* seulement trois mois). Nous avons également observé une forte utilisabilité de notre application (i.e. utilisation autonome après le deuxième mois d'utilisation). Le nombre restreint d'étapes dans chaque programme d'activité et les deux options de navigation (vers l'avant et vers l'arrière) permettent à l'élève de suivre rapidement et facilement les étapes critiques de chaque routine. Les résultats expérimentaux suggèrent que l'organisation de l'interface, la durée d'interaction et les contenus idiosyncratiques ont certainement joué un rôle déterminant dans l'adoption de notre outil, tout en assurant une présence effective de l'élève dans la classe.

*Pertinence de supports visuels flexibles pour les programmes d'activité en milieu scolaire*

Il est intéressant de noter que, pour tous les élèves (équipés ou non), les progrès pré-post intervention ont été supérieurs dans le domaine des activités de classe (avec une réalisation presque parfaite à la fin de l'intervention) comparé au domaine de la communication verbale (≈ 70% correctement réalisé). Un résultat associé provient des données d'interaction : ils rapportent une baisse de l'utilisation de *CS+* à travers le temps pour les routines de classe en contraste avec la forte et constante utilisation de

*CS+* pour le domaine de la communication verbale. Spécifiquement, plus un élève devient compétent dans un domaine d'activité, plus il va être autonome dans les tâches de ce domaine, et moins il utilisera les contenus correspondant de *CS+*. Cela signifie qu'un élève est capable de sélectionner les contenus de *CS+* qui sont appropriés par rapport à ses propres progrès et besoins : il est probable que les routines de classe correspondent à un besoin lié aux premiers pas dans l'inclusion, alors que la communication verbale est un besoin persistant pour la vie de classe d'un élève avec TSA. Notons que *CS+* est conçu comme un outil d'assistance et d'apprentissage, aux contenus flexibles. Ainsi, lorsqu'une routine est acquise par l'élève, les parties prenantes peuvent en créer d'autres, plus adaptées. Cette flexibilité est possible grâce à la séparation entre l'interface et les contenus de *CS+*. En effet, les routines (textes, images et nombre d'étapes) peuvent être changés alors que l'apparence de l'interface reste identique, comme recommandé pour les élèves avec TSA (Hayes et al., 2010 ; Hourcade et al., 2013).

*Pertinence des contenus concrets et idiosyncratiques pour les programmes d'activité en milieu scolaire*

L'utilisation autonome et efficace de *CS+* pourrait provenir de la supériorité des contenus idiosyncratiques sur les contenus généraux, non-personnalisés (Park et al., 2012). à la lumière de la diversité et la complexité des tâches qui doivent être résolues en milieu scolaire (*e.g.* attendre à la porte avec ses camarades, attendre le signal du professeur, *etc.*), l'utilisation d'images mettant en scène l'élève lui-même propose des illustrations de celui-ci dans le contexte d'intérêt. Cette approche est en faveur des comportements d'imitation (Cihak et al., 2010). De plus, comme l'expérimentation incluait des élèves aux QI autour de 70, les contenus visuels idiosyncratiques font certainement plus écho avec leurs compétences de raisonnement concret.

*Une évaluation collaborative induit l'acceptation de la technologie.*

La nature collaborative de notre intervention a probablement permis à notre outil d'être accepté par toutes les parties prenantes de l'environnement scolaire ordinaire des élèves. Les enseignants, notamment, ont joué un rôle majeur dans la facilitation de l'utilisation de notre application au sein de leur classe. Par exemple, les élèves étaient régulièrement encouragés à l'utiliser par des phrases comme “tu devrais regarder ta tablette”.

*Limites et perspectives*

Les participants ne couvraient pas l'ensemble du spectre de fonctionnement intellectuel. En conséquence, il reste à démontrer que nos résultats peuvent être transférés à des élèves se trouvant dans la partie haute du spectre de fonctionnement intellectuel.
Pour prolonger notre voie de recherche, une direction intéressante concerne l'ajout de nouvelles routines pour couvrir autant d'aspects de la gestion de tâche que possible, élargissant l'assistance des élèves avec TSA en environnement scolaire ordinaire. Par exemple, les applications conçues pour la conduite de tâche pourraient être utiles dans l'initiation de comportements adaptés dans d'autres contextes scolaires (le réfectoire, la cour de récréation, le bus, *etc.*). Enfin, les futures recherches dans le développement de technologies d’assistance devraient inclure des groupes avec différents troubles dans le but de vérifier l’applicabilité des principes de conception à travers les différentes populations.

## Conclusion

Cet article présente une application mobile (*Classroom Schedule+*) qui assiste les capacités de gestion de tâche des élèves avec TSA en environnement de vie quotidienne. Cette application a été utilisée par cinq élèves avec TSA d'une classe spécialisée lors de leur inclusion en classe ordinaire, au collège. Tous les élèves avec TSA ont adopté notre application et ont largement amélioré leurs comportements socio-adaptatifs aussi bien dans le domaine des activités de classe que dans celui de la communication verbale. Grâce à une approche de conception participative, nous avons identifié les activités nécessitant un support pour l'inclusion des élèves avec TSA, et nous avons défini des principes qui ont permis à l'application *Classroom Schedule+* d'être acceptée dans un environnement de vie quotidienne. Avec une approche similaire, d'autres applications pourraient être implémentées pour offrir une plus grande adaptabilité afin de répondre aux besoins des élèves avec TSA en classe et dans d'autres environnements de vie quotidienne.

## Bibliographie


Association, A. P. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*: DSM-IV-TRR . American Psychiatric Pub, 2000.

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

Cihak, D. F., Wright, R., and Ayres, K. M. 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 (2010), 136.

Constantino, J. N., Davis, S. A., Todd, R. D., Schindler, M. K., Gross, M. M., Brophy, S. L., Metzger, L. M., Shoushtari, C. S., Splinter, R., and Reich, W. Validation of a brief quantitative measure of autistic traits: comparison of the social responsiveness scale with the autism diagnostic interview-revised. *Journal of autism and developmental disorders 33, 4* (2003), 427–433.

Cramer, M., Hirano, S. H., Tentori, M., Yeganyan, M. T., and Hayes, G. R. Classroom-based assistive technology: collective use of interactive visual schedules by students with autism. In *CHI* (2011), 1–10.

Druin, A. The role of children in the design of new technology. *Behaviour and information technology 21, 1* (2002), 1–25.

Escobedo, L., Nguyen, D. H., Boyd, L., Hirano, S., Rangel, A., Garcia-Rosas, D., Tentori, M., and Hayes, G. Mosoco: a mobile assistive tool to support children with autism practicing social skills in real-life situations. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM (2012), 2589–2598.

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

Gentry, T., Wallace, J., Kvarfordt, C., and Lynch, K. B. Personal digital assistants as cognitive aids for high school students with autism: results of a community-based trial.

*Journal of Vocational Rehabilitation 32*, 2 (2010), 101–107.

Grégoire, J. *L'évaluation clinique de l'intelligence de l'enfant: Théorie et pratique du WISC-III*, vol. 229. Editions Mardaga, 2000.

Harrower, J. K., and Dunlap, G. Including children with autism in general education classrooms a review of effective strategies. *Behavior Modification 25*, 5 (2001), 762–784.

Hayes, G. R., Hirano, S., Marcu, G., Monibi, M., Nguyen, D. H., and Yeganyan, M. Interactive visual supports for children with autism. *Personal and ubiquitous computing 14*, 7 (2010), 663–680.

Hirano, S. H., Yeganyan, M. T., Marcu, G., Nguyen, D. H., Boyd, L. A., and Hayes, G. R. 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*, ACM (2010), 1633–1642.

Hourcade, J. P., Williams, S. R., Miller, E. A., Huebner, K. E., and Liang, L. J. Evaluation of tablet apps to encourage social interaction in children with autism spectrum disorders. In *Proceedings of the 2013 ACM annual conference on Human factors in computing systems*, ACM (2013), 3197–3206.

Hunt, P., and McDonnell, J. *Inclusive education. Handbook on developmental disabilities* (2007), 269–291.

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

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

Lord, C., Rutter, M., and Le Couteur, A. Autism diagnostic interview-revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders 24*, 5 (1994), 659–685.

McClannahan, L., and Krantz, P. *Activity schedules for children with autism: Teaching independent behavior*. Woodbine House (1999).

McCurdy, E. E., and Cole, C. L. Use of a peer support intervention for promoting academic engagement of students with autism in general education settings. *Journal of autism and developmental disorders* (2013), 1–11.

Park, J. H., Abirached, B., and Zhang, Y. A framework for designing assistive technologies for teaching children with asds emotions. In *CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM (2012), 2423–2428.

Sampath, H., Indurkhya, B., and Sivaswamy, J. A communication system on smart phones and tablets for non-verbal children with autism. In *Computers Helping People with Special Needs*. Springer, 2012, 323–330.

Tentori, M., and Hayes, G. R. Designing for interaction immediacy to enhance social skills of children with autism. In *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing*, ACM (2010), 51–60.

*L'article suivant, publié dans la revue Transactions in Accessible Computing TACCESS en 2015, sur invitation de l'éditeur, est la version étendue de l'article ASSETS'14 qui a reçu le prix du Best Paper Award.*

# Tablet-Based Activity Schedule in Mainstream Environment for Children with Autism and Children with ID

Charles Fage, University of Bordeaux, Inria Bordeaux Sud-Ouest
Léonard Pommereau, Inria Bordeaux Sud-Ouest
Charles Consel, Bordeaux INP, Inria Bordeaux Sud-Ouest
Emilie Balland, Inria Bordeaux Sud-Ouest
Hélène Sauzéon, University of Bordeaux, Inria Bordeaux Sud-Ouest

Including children with Autism Spectrum Disorders (ASD) in mainstreamed environments creates a need for new interventions whose efficacy must be assessed in situ. This paper presents a tablet-based application for activity schedules that has been designed following a participatory design approach involving mainstream teachers, special-education teachers and school aides. This applications addresses two domains of activities: classroom routines and verbal communications.

We assessed the efficiency of our application with two overlapping user-studies in mainstream inclusion, sharing a group of children with ASD. The first experiment involved 10 children with ASD, where 5 children were equipped with our tabled-based application and 5 were not equipped. We show that (1) the use of the application is rapidly self-initiated (after two months for almost all the participants) and that (2) the tablet-supported routines are better performed after three months of intervention. The second experiment involved 10 children equipped with our application; it shared the data collected for the 5 children with ASD and compared them with data collected for 5 children with Intellectual Disabilities – ID.

We show that (1) children with ID are not autonomous in the use of the application at the end of the intervention; (2) both groups exhibited the same benefits on classroom routines; and, (3) children with ID improve significantly less their performance on verbal communication routines. These results are discussed in relation with our design principles. Importantly, the inclusion of a group with another neurodevelopmental condition provided insights about the applicability of these principles beyond the target population of children with ASD.

Categories and Subject Descriptors: K.4.2 [**Computers and Society**]: Social Issues- Assistive technologies for persons with disabilities; K.3.1 [**Computers and Education**]: Computer Uses in Education

General Terms: Autism; intellectual disabilities, tablet application; activity schedules

Additional Key Words and Phrases: Participatory design; educative inclusion in mainstreamed environment; idiosyncratic multimedia contents

**ACM Reference Format:**
Charles Fage, Léonard Pommereau, Charles Consel, Émilie Balland, Hélène Sauzéon, 2015. Tablet-Based Activity Schedule in Mainstream Environment for Children with Autism and Children with ID. *ACM Trans. Access. Comput.* 9, 4, Article 39 (March 2015), 27 pages.
DOI: 0000001.0000001

## 1. INTRODUCTION

Children with Autism Spectrum Disorders (ASD) are characterized by restricted and repetitive behavior patterns, as well as impairments in communication and social interaction [APA 2000]. Symptom severity and intellectual ability vary considerably, but

This work is supported by the French "Ministère de l'Éducation Nationale".
Authors' addresses: Equipe Phoenix, Inria Bordeaux Sud-Ouest, 33405 Talence, France.
Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.
© 2015 ACM. 1936-7228/2015/03-ART39 $15.00
DOI: 0000001.0000001

in all cases, the capacity to cope effectively with the demands of daily life is negatively affected. Children with ASD, for example, experience difficulties in organizing time, planning, and completing tasks [Gagné 2010].

Despite these challenges, there is growing evidence that educational inclusion produces a positive effect on children with Autism Spectrum Disorders (ASD) [Hunt and McDonnell 2007]. However, inclusive education of these students is often hampered by the misgivings of school staff that presumes negative outcomes on classroom functioning if the student is not autonomous enough to perform a range of tasks [Harrower and Dunlap 2001]. Specifically, children with ASD may need help to manage daily routines, make transitions between activities and engage in social interactions [Cramer et al. 2011]. If these special needs are not addressed, they can result in interruptions during class that decrease learning opportunities, not only for the student with ASD, but also for all the students [McCurdy and Cole 2013].

Activity schedules are an efficient method to enable children with ASD to be more autonomous [Koyama and Wang 2011; Lequia et al. 2012; McClannahan and Krantz 1999]. An activity schedule is based on picture and/or text sequences decomposing tasks or activities into successive steps [McClannahan and Krantz 1999]. By following such schedules, users can achieve tasks, using paper-based supports [Koyama and Wang 2011] and multitouch tablets [Cihak et al. 2010; Hirano et al. 2010]. Such compensation technologies have been studied for a long time (for a comprehensive review, see Frank Lopresti *et al.* [Lopresti Frank et al. 2004]). Hence, activity schedule is a promising assistive method, especially when it is realized on a tablet, because of the documented preference of ASD children for this device [Sampath et al. 2012; Tentori and Hayes 2010].

Surprisingly, the use of computer-based activity schedules in school settings is only proposed for special classrooms, not in mainstreamed classrooms. This situation may stem from the complexity of specifying tasks that need support in general classroom, compared to special classroom. For instance, contrary to special education settings, inclusive education in a secondary school entails frequent changes in terms of classrooms, teachers, and classmates. Furthermore, in mainstreamed environments, the expectations of teacher may not be as personalized as in a special classroom. For instance, a pedagogical focus on a single task or a limited set of tasks is possible in a protected class, whereas a wide panel of tasks is implicitly expected as being correctly performed in mainstreamed setting.

This paper presents the design of a tablet-based application, named *Classroom Schedule+ (CS+)*, that supports activity schedules for both classroom and verbal communication routines. This design has been carried out with a participatory design approach, including the stakeholders of educational inclusion. Students with ASD used this application in mainstream classes. An experimental study compared the performance of equipped students with ASD to non-equipped students with ASD.

In practice, students with ASD spend their time in a special-education classroom, when they are not in an inclusive class. This special-education classroom often gathers students with other conditions than ASD; they are mostly students with non-specific Intellectual Disabilities (ID) [Duncan et al. 2014]. For obvious ethical reasons, we decided to equip with our tablet all the students of the special-education classrooms, whether or not with ASD. Besides the satisfaction of being inclusive in our approach, this situation could create an opportunity, if all students participated in our study. Specifically, we would then be able to measure the effects of our application on participants, exhibiting similar functional limitations, but having a different condition. In doing so, we would know whether the design of our application was specific to the children with ASD, and whether it produced different benefits depending on the

students' condition.

In this paper, our contributions are as follows.

*The creation of a tablet-based application that supports activity schedules*. This application has been designed following a participatory design approach involving mainstream teachers, special-education teachers and schools aids. In doing so, we identified activities that must be supported in general classrooms for students with ASD, and we collected the requirements needed for a computer-based activity-schedule system. *CS+* supports two domains of classroom activities for which mainstream teachers have given priority: classroom routines and verbal communication.

*Our application was used in mainstream classes.* Ten students in special-education classes of secondary schools were equipped with our tablet-based application. Their age ranged from 13 to 17. Their conditions included ASD and ID. Our intervention lasted for 3 months and involved including these children for the first time in mainstream classes (one hour per week accompanied by a school aide).

*We demonstrated the efficiency of our application to support mainstream inclusion.* Specifically, five students with moderate ASD were equipped with CS+ (ASD experimental group), while five others students with moderate ASD were not equipped (ASD control group). Equipped students showed significant improvements for classroom and verbal communication routines, over non-equipped ones, in the mainstream classroom.

*By recruiting five children with ID, we determined the perimeter within which our design principles apply to both populations (with and without ASD).* We measured similar improvements for classroom routines in both groups, suggesting that our design applies equally well to both cases. However, we observed significant differences in favor of children with ASD when considering verbal communication routines. This result suggests that for these activities our design is better suited for children with ASD.

This article is an expanded version of a conference paper presented in the ACM ASSETS 2014 Conference on Computing and Accessibility in Rochester (US) [Fage et al. 2014]. We present results from an additional experimental group with another condition and discuss the relationships between our initial design principles and the variations in the efficiency of our application on both populations (ASD and ID).

## 2. RELATED WORK

*Assistive technologies in the school context.* Several computer-based intervention tools have been developed to support inclusion in mainstreamed environments. For example, Escobedo *et al.* provided a smartphone-based tool for assisting social skills during breaks in a public school, using an augmented reality approach [Escobedo et al. 2012]. It helped 3 students with ASD increasing their communication and social interactions, enabling their integration with 9 neurotypical students. Huong *et al.* investigated the relevance of online crowdsourcing to provide individuals with ASD with "social support from out-group workers in order to cope with everyday issues and frustrations" [Hong et al. 2015]. For another example, a task manager, hosted by a smartphone, has been used by young adults with ASD studying at the university [Gentry et al. 2010].

*Activity schedules in the school context.* Recently, principles of activity schedules have been explored as underpinnings of the design of assistive technology for ASD children. Specifically, paper-based activity schedules are mostly used by special education teachers with children with ASD; these schedules usually consist of line drawings or photographs with Velcro© on the back [Lequia et al. 2012]. They have been used in educational programs dedicated to individuals with ASD and represent a key component of the structured teaching model in the TEACCH program (Treatment and Education of Autistic and Related Communication Handicapped Children) for many years [Mesibov et al. 2004]. However, they include limitations for school aides or teachers, such as time to create them and difficulties to record data for tracking student progress [Hirano et al. 2010]. Consequently, activity schedules can be considerably improved when they are based on a multitouch tablet [Cihak et al. 2010; Hirano et al. 2010]. Hirano *et al.* developed vSked, an interactive activity scheduling for use in special education classroom [Hirano et al. 2010]. The vSked system was designed to include the benefits of traditional activity schedules (*e.g.,* transitioning between activities, independently engaging in classroom tasks) as well as new functionalities, such as dynamic task creation and real-time usage tracking. Cihak *et al.* supported students with ASD to initiate a general classroom task (*e.g.,* writing, reading or listening), not to follow a sequence of activities [Cihak et al. 2010]. The authors use photos showed to the student, self-modelling task engagement to support the initiation of a classroom task. These photos were inserted into a PowerPoint© presentation on a handheld computer.

Therefore, to the best of our knowledge, there is no study assessing the use of activity schedules to support inclusion of children with ASD in general classrooms. Although their effectiveness has been demonstrated in special education classrooms.

*Introducing an assistive technology in special-education classrooms: inclusion of children with ID.* As mentioned earlier, for ethical reasons, we included both children with ASD and children with ID in our study. These two populations exhibit similar functional limitations of daily living activities, involving the autonomy skills, and communication skills [Liss et al. 2001; Mouga et al. 2014]. Specifically, these two populations exhibit a similar level of difficulties in communication skills, while children with ID perform slightly better in daily living activities related to autonomy skills [Liss et al. 2001; Mouga et al. 2014].

Consequently, activity schedules have been extensively used to assist both populations to improve their autonomy and reduce their dependence to caregivers [Anderson et al. 1997; Copeland and Hughes 2000; Carson et al. 2008; Mechling 2007]. Specifically, Irvine *et al.* [1992] addressed the school context by using paper-based activity schedules in a special-education classroom with four students with severe intellectual disabilities. Thanks to their paper-based activity schedules, participants managed to self-initiate each step of a previously established routine when arriving in the classroom in the morning. However, authors did not assess the performance on prompted tasks, but rather emphasized on their self-initiation. Spriggs *et al.* [2007] provided four students with ID with activity schedules books in a special-education classroom. All four participants performed more step independently when using these activity schedules books. Effectiveness of activity schedules to assist people with ID has been reported when implemented on technological supports, such as PDA, smartphone and touch-screen tablet [Davies et al. 2002; Lancioni et al. 2000]. The authors observed an enhanced autonomy of the participants.

From a methodological standpoint, including two different populations in the validation of an intervention enriches the results of a study. Such experimental design is called Cross-Syndrome design [Sigman and Ruskin 1999]. It is suited to demonstrate specific intervention effects in a target population, while matching participants

on their individual factors, namely the age, the intellectual functioning, and the educational environment. According to Sigman and Ruskin, if syndrome group A and contrast group B are matched on chronological age and intellectual functioning, but the mean of group A on an intervention effect is significantly higher than the mean of group B, then group A is considered to exhibit a specific benefit on the intervention. A benefit (or pattern of benefit) is considered unique to syndrome A if it is evidenced only by individuals who have this syndrome.

Even though we included children with ID in our study, our work focused on designing and validating a tablet-based activity schedule to support mainstream inclusion of children with ASD. Therefore we considered general principles to develop interactive technologies for children with ASD and adopted a participatory design approach to develop such an assistive tool.

*General principles to develop interactive technologies for children with ASD.* Individuals with ASD have a preference for computers and video games to assist them with social communication and academic activities [Putnam and Chong 2008]. Prevalently, the research on the design of interactive technologies for children with ASD recommends simplicity, predictability, and clear mappings between actions [Hayes et al. 2010; Hourcade et al. 2013]. Because individuals with ASD tend to process visual information more effectively than auditory information, existing intervention approaches use visual supports [Hayes et al. 2010; Hirano et al. 2010; Hourcade et al. 2013]. Since Autism is considered as a spectrum, the severity of the difficulties encountered is extremely variable among children. Assistive technologies must be flexible enough to support and adapt to each child uniquely, as (s)he develops [Hayes et al. 2010]. Distractive stimuli should be avoided. More precisely, they should be mistake-free to reduce frustration (*e.g.,* no error messages, no wrong answers) [Hourcade et al. 2013]. These well-known general principles ensure the usefulness and usability of the interactive technologies for children [Hayes et al. 2010; Hirano et al. 2010; Hourcade et al. 2013]. However, these principles are not enough to ensure that the technology matched the constraints of mainstreamed environments.

*Participatory design approach.* A participatory design method creates a great interest in the area of assistive technologies [Druin 2002] because it relies on the active involvement of end-users and stakeholders to identify needs and constraints. It has been extensively used in the design of technologies for children with ASD [Benton et al. 2012; Frauenberger et al. 2011], notably in the vSked system to identify needs and constraints of special education classrooms [Hirano et al. 2010]. To the best of our knowledge, such approach has not conducted to analyze the needs of students with ASD in the context of their first inclusion in mainstream classrooms. Yet, a participatory approach could help identifying which activities need support for children with ASD when first included in mainstreamed classrooms.

*Aim of this paper.* We have conducted a participatory design approach to developing an application that provides activity schedules to support children with ASD during their inclusion in mainstreamed classrooms. We have assessed the application's effectiveness with children with ASD at secondary school. Additionally, we enriched the results by including children with another condition in our study, namely intellectual disabilities.

## 3. DESIGNING ACTIVITY SCHEDULES

Let us now introduce the design principles that make our application for activity schedules amenable to general education classrooms. These principles result from interviews we conducted with a panel of school staff members. The interviewers from our

team consisted of psychologists and cognitive scientists. Interviewees from the school staff included 3 special education teachers and 5 school aides; all of them had at least 5 years of experience with children with autism. We also interacted with a dozen of teachers who had previously taught children with disabilities. Interviews were conducted with small groups (4/5 people in each session) at school. During the first session, school staff members presented some examples of visual supports they were using in their classrooms (*e.g.,* pictures and words (to be paired) printed on small-sized paper sheets). The following sessions were dedicated to making classroom functioning explicit and exploring how technological support could fit in the mainstream environment: usage duration, role of the school aide, *etc.*. Then, we proposed ideas of assistive support, and discussed with the school staff to determine the ones they thought were the best suited for their needs. This participatory design resulted in five main principles to be taken into account in the design of our tablet-based activity schedule application.

### 3.1. Design Principles

Requirements related to the implicit and explicit rules of general classroom functioning have been given by the school staff. Not only do these principles come from stakeholders in the field, but most of them also conform to the litterature [Charbonneau et al. 2013; Cihak et al. 2010; McClannahan and Krantz 1999]. Let us examine these principles.

*Activity schedules must promote reading skills.* Reading skills is a pervasive need in the school setting. Consequently, supporting this skill in any activity at school fits the school learning objectives. To support this, visual double-coding (*i.e.,* pictorial and textual) has been applied for each step in the sequence of our activity schedules application. Text and visual information are coupled to give children who cannot read the opportunity to associate words to pictures.

*Sequences must be short.* Classroom instructional flow is critical for some children, especially with ASD. School staff were unanimous on the fact that the intervention had to be as short as possible, to prevent the child from losing track of what is going on in the classroom. Thus, to support inclusion of students with ASD, an activity schedule must be as short as possible (*i.e.,* decomposed into few steps). This principle is consistent with general requirements to create activity schedules [McClannahan and Krantz 1999].

*Pictures and sentences must be concrete and idiosyncratic.* Each step in the sequence of our activity schedule includes a picture and a sentence. School staff was unanimous on the fact that pictures and sentences must be idiosyncratic (*i.e.,* specific to a person). Furthermore, because of the complexity of multiple concurrent behavioral requirements in an academic setting (*e.g.,* waiting at the door with classmates, waiting for an approval of the teacher, *etc.*), the use of self-modeled pictures, similar to those proposed by Cihak *et al.*. [Cihak et al. 2010], is recommended. For instance, to support a classroom behavior (*e.g.,* to raise hand), students self-modeled pictures should be use (see Figure 1).

*Progress status.* To help students better manage their time, it is important to give them an indication of their progress in activity schedules. Furthermore, the use of visual timers leads to reducing anxiety - particularly present in mainstreamed classrooms. In doing so, the reduction of maladaptive behaviors may be achieved.

*Activity schedules must not use the auditory channel.* The intervention inside the classroom must exclude audio materials. First, they would require the use of head-

Fig. 1: Self-modeled pictures of the same action.

phones that would cause a sensory exclusion, precluding the child from participating to the class. Second, headphones would stigmatize the child in front of others students because the use of technology for inclusion must be as unobtrusive as possible.

### 3.2. Identification of classroom activities

Given these principles, we worked with all stakeholders to list activities of interest in inclusive education classrooms. This step was then followed by a selection of the critical activities that required assistive support.

*General listing.* We first listed general classroom activities involved in inclusion education with a participatory approach. These activities do not concern academic activities but classroom functioning involving students. Indeed, our technological support is not a pedagogical tool to improve student learning performance, but to guarantee typical classroom functioning. Mainstream teachers, special-education teachers and schools aides have participated to propose general classroom activities to list. For instance, few general classroom activities proposed are : Going into classroom; Answering to classmate; Following explanations or complex directives; Answering questions about a text which comes from it being read *etc.*. A total of 27 general classroom activities have been proposed by these stakeholders.

*Priority selection.* The second step was to select critical activities to be supported in this large selection. Such activities were required not to bring the student with ASD to disturb classroom functioning. Indeed, some activities create critical disruptions, and the school staff is frequently forced to suspend the inclusion of the student with ASD and to re-place him in special education classrooms for the end of the class [Harrower and Dunlap 2001]. Furthermore, to create activity schedules properly, we also selected activities with a clear beginning and end [McClannahan and Krantz 1999]. These criti-

Table I: The two domains of classroom activities

| **Classroom Routines** | **Verbal Communciation** |
|---|---|
| Listening and taking notes | Answering the teacher |
| Going to classroom | Answering a classmate |
| Leaving the classroom | Talking to teacher |
| Taking out school supplies | Talking to classmate |
| Using calendar | |

Table II: Example of the "talking to teacher" activity

| **Ask to repeat** |
|---|
| Raise your finger |
| Wait for the teacher to interrogate you |
| Say: "Could you repeat please ?" |
| *Finished!* |

cal activities can be respectively regrouped in two general domains: classroom routines and verbal communication (see Table 1).

### 3.3. Sequencing

Each activity of the two domains has been decomposed into sequences thanks to methods described in McClannahan and Krantz (1999) [McClannahan and Krantz 1999]. Furthermore, authors specified some requirements to follow to create an activity schedule: it must be easy to manipulate, includes at least one social initiation when possible, finishes with reinforcement (*e.g.,* "Finished!") *etc.* [McClannahan and Krantz 1999].

Each classroom activity involves a sequence of steps. We have developed one activity in each domain to show examples. For all verbal communication activities, several choices are possible. For example, in the activity "talking to teacher", 3 choices are proposed: make a comment; ask for an explanation or ask to repeat. These tasks are meant to bring children with ASD to be aware of the goal of their communication. Here is an example of one of them (see Table 2).

## 4. APPLICATION DESCRIPTION

Our activity-schedule system runs on a touchscreen tablet. This platform enables rich visual supports and allows the application to be used in any environment. Furthermore, tablets do not carry any stigma as they are increasingly used as portable gaming platforms. Their effectiveness to support intervention has already been demonstrated with children with ASD [Escobedo et al. 2012; Hirano et al. 2010; Hourcade et al. 2013].

Although each student is responsible for her tablet, the school aide can initiate its use. Specifically, she monitors the child and the class flow of activities to determine whether an activity schedule becomes pertinent. When such a situation occurs, she launches the appropriate activity schedule or invites the child to do so thanks to a list of activity schedules is proposed on the top left corner of the screen. Each activity schedule is represented by a text (title) and a little picture (thumbnail). After a while, the school aide only makes sure that the child initiates the use of tablet and the selection of the appropriate activity schedule.

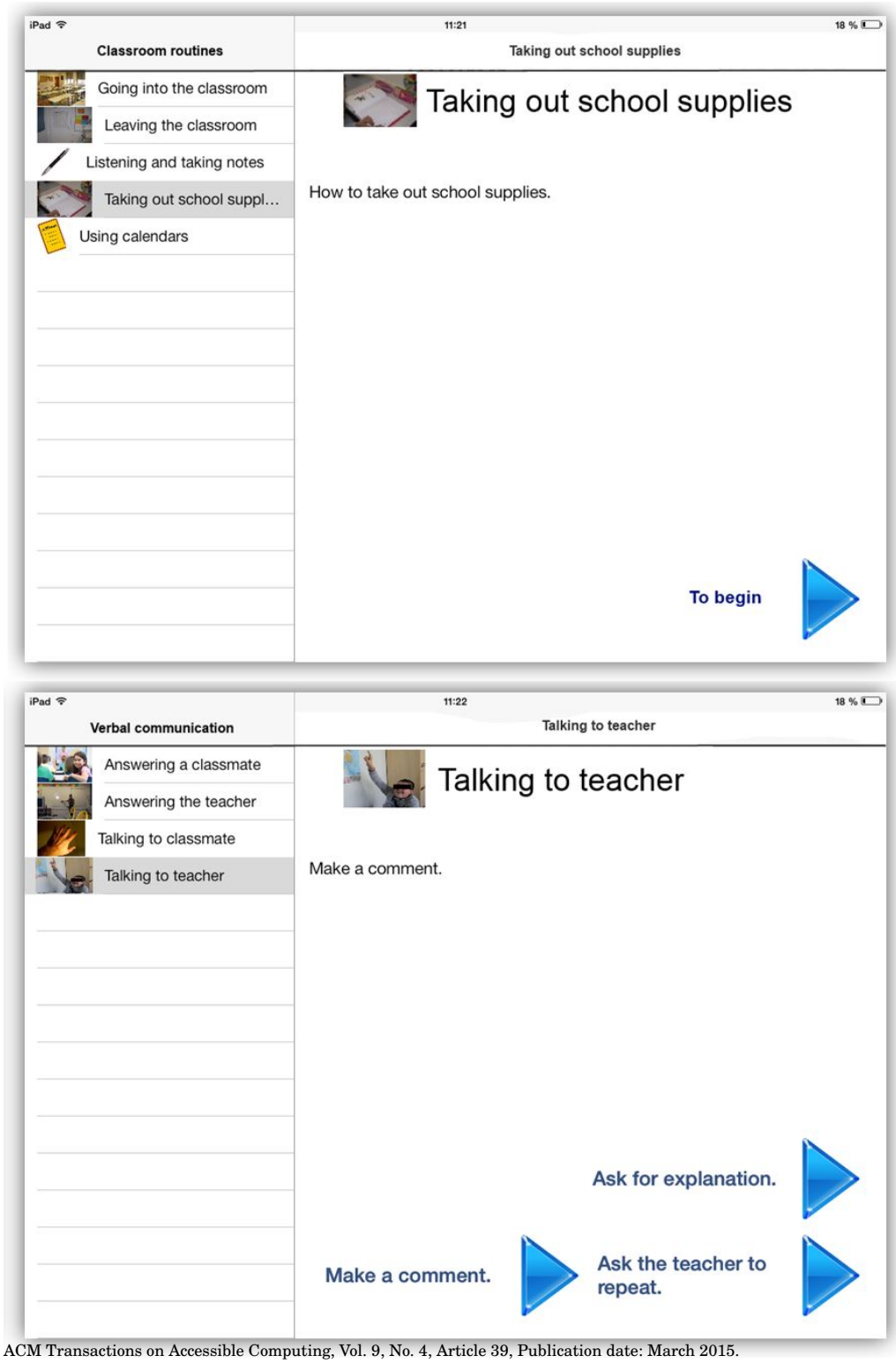





Fig. 2: The selection of an activity schedule.

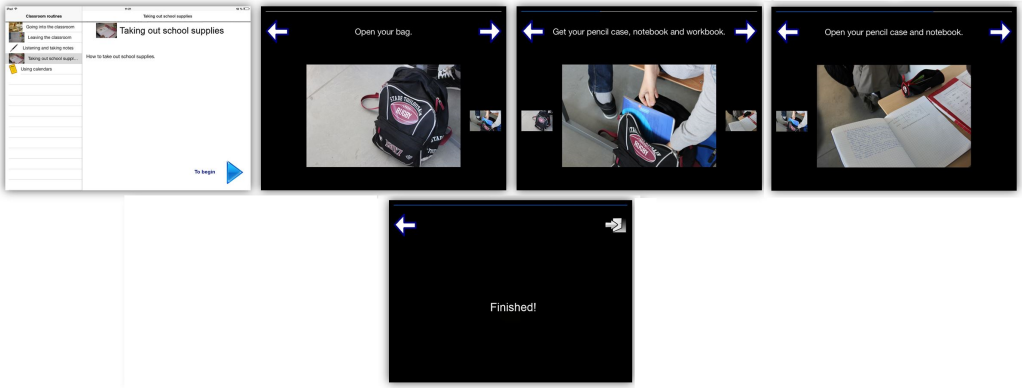



Fig. 3: Each steps of the "Taking out school supplies" activity.

The selection of an activity schedule consists of three stages: (1) the domain of activities, (2) the activity, and (3) the task to be accomplished. These stages are intended to structure the way the child should proceed with the execution of an activity, given that planning (*i.e.,* the activity steps) has been externalized with the tablet. Let us examine in detail each stage. In the first stage, the user chooses between two activity domains: classroom routines and verbal communications (see Figure 2). In the second stage, a list of activities is displayed (top left part of the screen). Notice that in case of verbal communications, these activities are split into two categories: answering and talking. The third stage proposes one of more tasks that address situations within the activity.

Once the activity schedule is in use by the child, the school aide solely supervises the process. The child is guided through each step of the activity via pictures annotated with instructions. This guiding process is idiosyncratic in that it consists of pictures of the child performing the required steps. We asked participants to perform each target task, step by step, to allow an appropriate self-modeled picture to be taken. Even though this process was time consuming, it allowed us to respect the specificity of each child, especially the order in which they usually complete the task. An arrow on each side of the screen allows the child to navigate through the steps. Furthermore, a progression bar enables the child to visualize where she is in the activity steps.

## 5. EVALUATION

*CS+* has been deployed in school settings and used by children with different conditions in general inclusive classrooms. First, we present comparisons between two groups of children with ASD with and without *CS+*. Then, additional results comparing two groups equipped with *CS* (children with ASD and children with ID) are examined.

### 5.1. Evaluation of CS+ for children with ASD

*Participants.* Our study took place in special education classrooms in secondary schools. A total of 10 students between the ages of 13 and 17 were included in our study. Five of them were children with ASD equipped with *CS+* (five boys), five others were non-equipped children with ASD (four boys and one girl). The two groups were matched by chronological age ($m_{Equipped} = 15.00$; SD=1.22; $m_{Non-equipped} = 14.60$; SD=1.14; $p > .700$) and intellectual functioning (according to the IQs estimated from abbreviated WISC-IV [Grégoire 2000]; $m_{Equipped} = 74.00$; SD=29.83; $m_{Non-equipped} = 66.50$; SD=26.72; $p > .600$). The group comparisons were tested using a non-parametric

test (Mann-Whitney U). Neuropediatricians examined all the children, and the ASD diagnosis was performed according to the criteria of the DSM-IV [APA 2000] and with respect to the "Autism Diagnostic Interview-Revised" scale [Lord et al. 1994]. To assess the severity of social impairment in the school setting, the teacher of each special education classroom initially completed the French version of the Social Responsiveness Scale (SRS) [Constantino et al. 2003]. Concretely, the SRS provides a quantitative score for social impairment in a natural setting. The two groups of children with ASD had similar school-related social impairment (*i.e.,* $m_{Equipped} = 79.80$; SD=37.42; $m_{Non-equipped} = 86.80$; SD=30.51;$p > .700$). At this level of functioning, children are verbal, even if their speech is often inappropriate. They usually need help in conducting and transitioning between basic activities, such as handling their school accessories or taking notes, especially in new environments. As recommended by the Helsinki convention, both parental informed consent and children's assent were obtained before participation. Also, the ethics committee of our university approved the experimental protocol, prior to recruiting participants.

*Materials and instruments.* Besides supporting the inclusion of children with ASD in general classrooms, our application collects data regarding its usage: number of uses in the mainstream class indexed by a task within the domains of activities (*i.e.,* classroom routines and verbal communications). These data are complemented by a behavioral measurement addressing efficacy and usage of *CS+* (see Figure 4).

*Classroom Schedule+ efficacy:* We have developed a specific questionnaire to measure how each task of the two activity domains is performed. Each step of a given task is assessed by the school aide as follows: the behavior is "not observed / not performed", "performed when requested, with help or poorly" or "performed autonomously". The scoring is made as follows: "not observed / not performed" are scored 0; "performed when requested, with help or poorly" is scored 1; "performed autonomously" is scored 2. Then, we sum the scores of all the steps of an activity. The overall score for an activity is a percentage representing the ratio of the sum of scores to the sum of the maximum scores. For example, if all the steps of an activity are performed autonomously, the overall score is 100%. Next, we want to compute an overall score for each domain of activities. To do so, we consider activity percentages (previously computed) as values and compute their mean. In doing so, we obtained an overall score for each domain and for each child.

*Classroom Schedule+ usage:* This part of the assessment included school aide observations of the use of *CS+* by each child, and log data extracted from our application.

— Autonomous usage. At the end of each month of the intervention, the school aide was asked to indicate whether the child used the application autonomously and in an adequate manner (scored 1) or whether (s)he had needed help to use it (scored 0).
— Number of routines activated. From the log data, the number of routines activated during the classroom inclusion is collected (*i.e.,* for each classroom inclusion during one month period).

*Procedure.* Prior to our intervention, we held a meeting with the inclusion teachers, the special education teacher, the school aides, the parents, and the children. The goal was to give them an overview of our procedure (see Figure 4), to explain the importance of using our application on a regular basis, and to answer all their questions. We also gave a demonstration of our tool, explaining its functioning. At the baseline assessment session, the special education teacher of the children with ASD completed a demographic information form and the SRS scale. The children completed the abbreviated WISC-IV. The participants were then observed during their inclusion in the

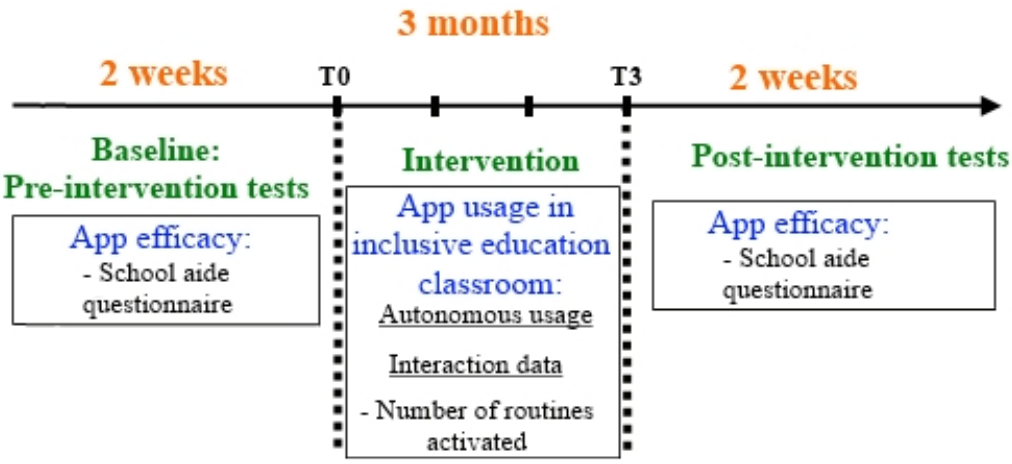



Fig. 4: An overview of our procedures.

classroom (French, mathematics, history, geography, or biology) for two weeks. In the context of our intervention, each participant attended a new class where new situations could occur. It was a one-hour class that occurred once a week during a period of three months. A school aide accompanied each child during inclusion. Each school aide was trained to support students with ASD. In addition, they were explained how to use *CS+* to play the role of social support during inclusion. During each inclusion class, the school aide completed a specific questionnaire to collect the activity observations for each child (that are equipped). All post-intervention measures were completed within two weeks after the end of the three-month intervention. All interviews were conducted at school or at home.

*Design and statistical treatments.* For efficacy measure, a mixed factorial design was implemented with two within factors and one between factor. The within factors were activity domain, which had two levels (Classroom vs. Communication) and Time, which had two levels (pre- and post-intervention). The between factor was Group, and it had two levels (Equipped and Non-equipped). For the autonomous use measure, the Friedman test was used with the Time factor (after one month, two months, and after three months of intervention) as the independent variable. For the log data from *CS+*, the factorial design included only within factors with: activity domain, which had two levels (Classroom vs. Verbal communication) and Time, which had two levels (after one month and after three months of intervention). Despite the small-size samples that probably generate non-parametric data, an ANOVA analysis have been carried out to assess the intervention effect as a function of the Group factor, as well as Activity Domain factor. Indeed, statistically capturing the intervention effect requires to analyze the two-way interaction effect, including the Time and the Group factors. Only an ANOVA analysis provides information on two-way or three-way interaction by taken into account the total variance across all the factor conditions. To be statistically rigorous, all significant effects from the ANOVA analysis are completed by partial eta-square value (measuring the effect size) and by non-parametric pair-wise comparisons. Such statistical procedures are commonly performed in psychological studies with small-size samples [Cohen 1988; Guéguen 2009]. According to Gueguen (2009), we considered effect sizes as small for $\eta^2 < .06$, medium for $.06 \leq \eta^2 < .14$, and marked for $\eta^2 \geq .14$. All the dependent measures were numeric. All the pairwise comparisons

were carried out with non-parametric procedures, as recommended for small-size samples with non-normal distributions, notably the Mann-Whitney U (between-factor) or the Wilcoxon (within-factor) test (with alpha-value = .05). We used the SPSS-19 tool to perform our statistical analysis.

*Results.* Let us now present the results of our study, comparing ASD children with and without *CS+*. For the sake of conciseness, we only report and discuss the significant results in this section and defer the presentation of the entire statistical results in the appendix. Overall, the results support the efficacy of *CS+* in showing that both classroom and verbal communication routines performed in general education classrooms were significantly more enhanced for the equipped ASD children compared to the non-equipped ones. Note that the pre-post progress was higher in classroom routine domain than in the verbal communication domain for all the children. In addition, the observations from the school aide indicated that the children reached an autonomous usage of *CS+* during the second month of use. Finally, log data indicated that the use of *CS+* was high and unchanged across time for activity schedules within the verbal communication domain. By contrast, within the classroom routines domain, the use of *CS+* was high only during the first month of classroom inclusion and considerably decreased during the third month of use.

*Classroom Schedule+ Efficacy (see Figure 5)*
*Hypothesis:* Equipped children improve their performance, compared with non-equipped children.

The ANOVA revealed significant effects for Activity domain [$p < .001$] and Time factor [$p < .001$] on the routines correctly performed in the classroom. The interaction effect, including Time and Activity domains, was also significant [$p < .01$] and showed that the performance increase with time was higher on verbal communication than on the classroom routine domain, for both conditions of ASD children. Importantly, the interaction between Group and Time factors stated that the performance increase with time was significant for children with *CS+* ($p < .01$), whereas this is not obtained for non-equipped children ($p > .100$).

*Classroom Schedule+ usage in inclusive education classroom*
*Hypothesis 1:* Children who were equipped will use *CS+* autonomously before the end of the intervention.

The following two hypotheses rely on the same measure: the number of activated routines. Note that these two hypotheses are mutually exclusive; one of them will be validated by our measurements.
*Hypothesis 2:* Activations remain constant across time due to the persistence of the needs of children (Hypothesis of compensation function of *CS+*).
*Hypothesis 3:* Activations decrease with time due to a learning effect on children (Hypothesis of remediation function of *CS+*).

Let us now examine each result.

— Autonomous usage measure.
  The time factor effect was significant [$\chi^2 = 6.50; p < 04$]: a mostly autonomous usage of our application reached by the children after two months ($M_{after\ one\ month} = 0.20$; SD=0.44; $M_{after\ two\ months} = 0.80$; SD=0.44;
  $M_{after\ three\ months} = 1.00$; SD=0.00).
— Number of routines activated.
  The ANOVA revealed a main effect of the time factor [$p < .05$], indicating that the number of activated routines decreases with time. Also, although the interaction effect (Time * Activity domain) did not reach the significance ($p > .05$), the post-hoc

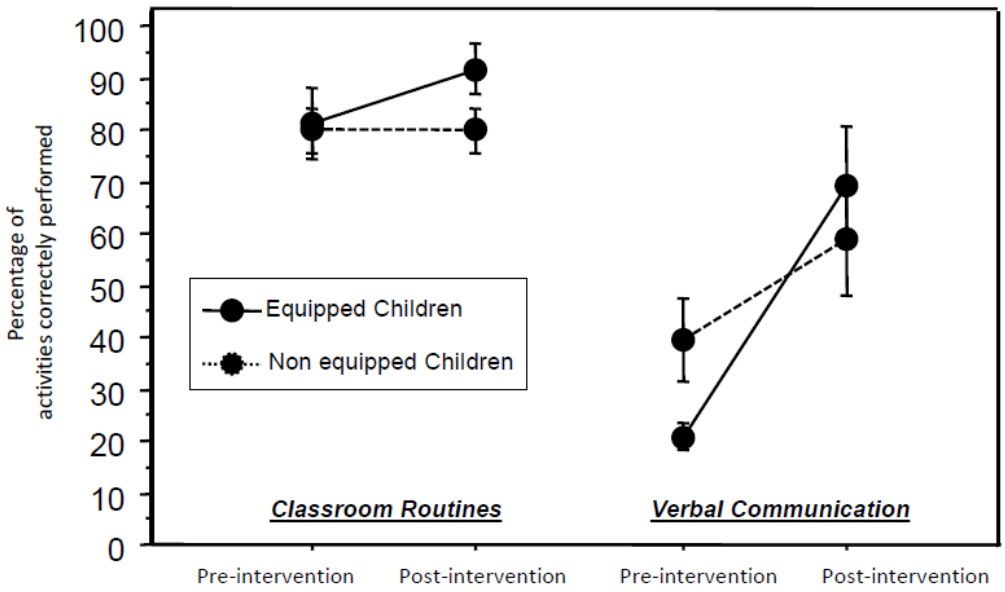



Fig. 5: Percentage of activities correctly performed on classroom according to activity domain and group condition.

comparisons indicated that the use of *CS+* did differ significantly for classroom routines across time ($p < .05$). By contrast, the use of *CS+* did not differ significantly across time for verbal communication condition ($p > .05$) (see Figure 6).

### 5.2. Evaluation of CS+ for children with ID

*Participants.* Children with ID were recruited in the special education classrooms where we enrolled children with ASD. Five students with ID between the ages of 13 and 17 were equipped with *CS+* (one boy and four girls). Children with ID were matched with equipped children with ASD by chronological age ($m_{EquippedASD} = 15.00$; SD=1.22; $m_{EquippedID} = 14.14$; SD=1.12;$p > .400$), intellectual functioning (according to the IQs estimated from abbreviated WISC-IV [Grégoire 2000]; $m_{EquippedASD} = 74.00$; SD=29.83; $m_{EquippedID} = 44.60$; SD=13.28; $p > .200$) and for school-related social impairment ($m_{EquippedASD} = 79.80$; SD=37.42; $m_{EquippedID} = 69.4$; SD=29.10;$p > .600$). The group comparisons were tested using a non-parametric test (Mann-Whitney U). Two children with ID had Down Syndrome, while the three others were children with non-specific ID. All children with ID exhibited learning disabilities. As recommended by the Helsinki convention, both parental informed consent and children's assent were obtained before participation. Also, the ethics committee of our university approved the experimental protocol, prior to recruiting participants.

Children with ID equipped with *CS+* followed the exact same procedure as the one for children with ASD (described in Section 5.1), using our tablet based application in the general education classrooms for 3 months.

*Design and statistical treatments.* For efficacy measure, a mixed factorial design was implemented with two within factors and one between factor. The within factors were

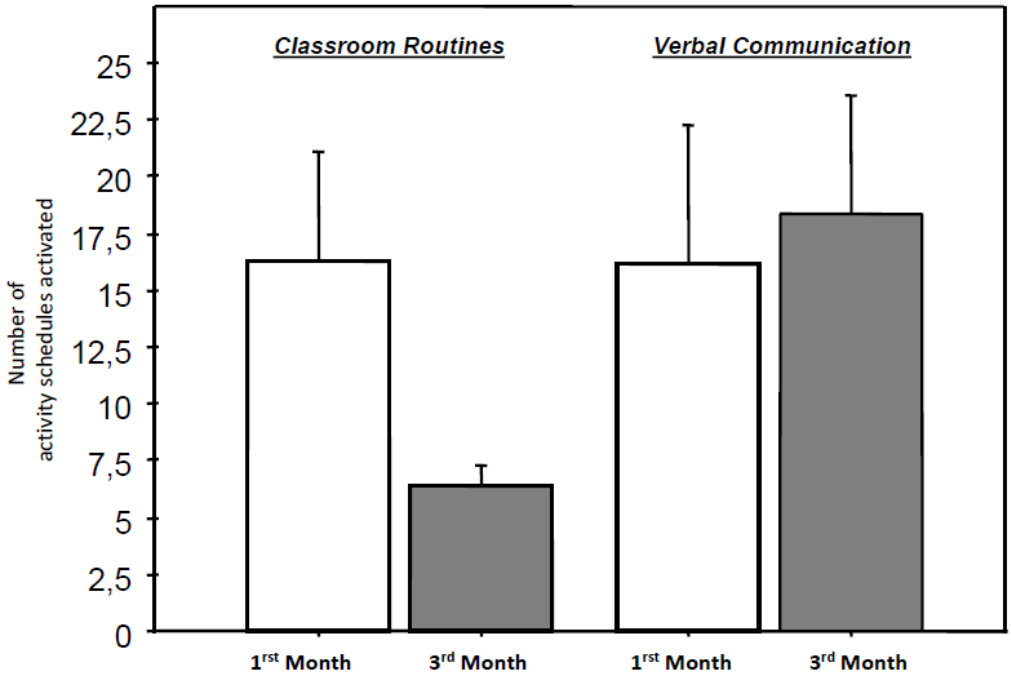



Fig. 6: Number of routines activated as a function of activity domains and intervention duration.

activity domain, which had two levels (Classroom and Communication) and Time, which had two levels (pre- and post-intervention). The between factor was Group, and it had two levels (EquippedASD and EquippedID). For the autonomous use measure, a mixed factorial design was implemented with two within factors and one between factor. The within factors were Group, which had two levels (ASD and ID) and Time, which had three levels (after one month, two months, and after three months of intervention). For the log data from *CS+*, the mixed factorial design included one between factor and two within factors with: activity domain, which had two levels (Classroom vs. Verbal communication) and Time, which had two levels (after one month and after three months of intervention). The between factor was Group, and it had two levels (EquippedASD and EquippedID).

All the dependent measures were numeric. All the pairwise comparisons were carried out with non-parametric procedures as recommended for small-size samples with non-normal distributions, notably the Mann-Whitney U (between-factor) or the Wilcoxon (within-factor) test. We used SPSS 19.

*Results.* Let us now present the results of our study, comparing equipped children with ASD and ID. As before, for the sake of conciseness, we only report and discuss the significant results in this section and defer the presentation of the entire statistical results in the appendix.

Overall, the results support the specific pattern of benefit of *CS+* for children with ASD compared to children with ID. Classroom routines have been similarly enhanced for the two equipped groups, whereas verbal communication routines performed in general education classrooms were significantly more enhanced for the equipped chil-

dren with ASD compared to those with ID. In addition, the observation from the school aide indicated that children with ID reached a limited autonomous *CS+* usage after 3 months of intervention, compared to children with ASD. Finally, log data indicated that the use of *CS+* by children with ID was considerably decreased in the third month of use for both activity domains, while it was high and unchanged across time for activity schedules within the verbal communication domain for children with ASD.

*Classroom Schedule+ Efficacy (see Figure 7)*

*Hypothesis:* Children with ASD will improve their performance greater than children with ID.

The ANOVA revealed significant effects for Activity domain [$p < .000$] and Time factor [$p < .002$] on the routines correctly performed in classroom. The interaction effect including Time and Activity domains was also significant [$F(1,8) = 5.24; p = .05; \eta^2 = .025; \eta^2 = .16067$] and showed that the performance increase with time was higher on verbal communication than on the classroom routine domain for both children with ASD and ID. Importantly, the Group and Time factors interaction [$p = .05$] stated that the performance increase with time was significant for children with ASD ($p < .05$), whereas this is not obtained for children with ID ($p > .170$).

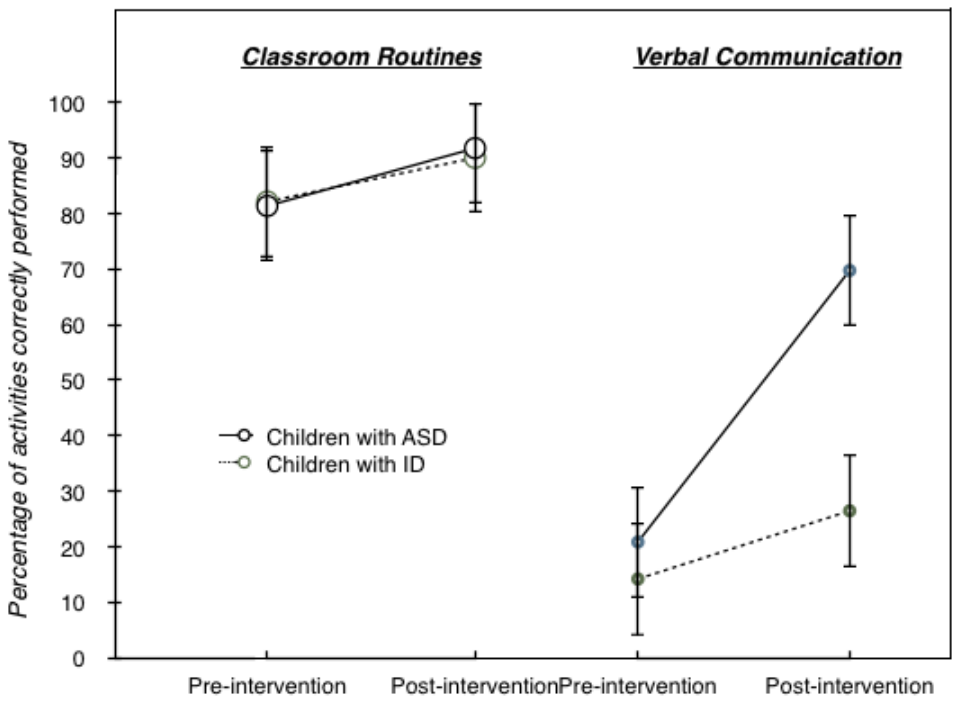



Fig. 7: Percentage of activities correctly performed on classroom, according to activity domain and group condition.

*Classroom Schedule+ usage in inclusive education classroom*

*Hypothesis 1:* Children with ASD reach an autonomous usage of *CS+* sooner than children with ID.

*Hypothesis 2:* Activations reveal different *CS+* usages between children with ASD and children with ID.

The results are as follow.

— Autonomous usage measure.
The time factor effect was significant [$F = 9.87; p < .005$] and the group factor was significant [$F = 6.00; p < .05$]. Results show a most autonomous usage of our application reached by the children with ASD after two months ($M_{after\ one\ month} = 0.20$; SD=0.44; $M_{after\ two\ months} = 0.80$; SD=0.44; $M_{after\ three\ months} = 1.00$; SD=0.00), whereas children with ID reached only partial autonomous usage of our application ($M_{after\ one\ month} = 0.00$; SD=0.00; $M_{after\ one\ month} = 0.20$; SD=0.44; $M_{after\ one\ month} = 0.60$; SD=0.44).

— For the number of routines activated.
The ANOVA revealed a tendency of time factor effect [$p = .06$], suggesting that the number of activated routines decreases with time. Also, despite of the interaction effect (Time * Activity domain * Group) not reaching the significance ($p > .05$), the post-hoc comparisons indicated that the use of *CS+* did not differ significantly for classroom routines and verbal communication condition during the first month for both groups (children with ASD: $p > .900$; children with ID: $p > .700$), while its use for classroom routine domain was lower than for verbal communication domain during the third month period for children with ASD ($p < .05$) but not for children with ID ($p > .260$) (see Figure 8).

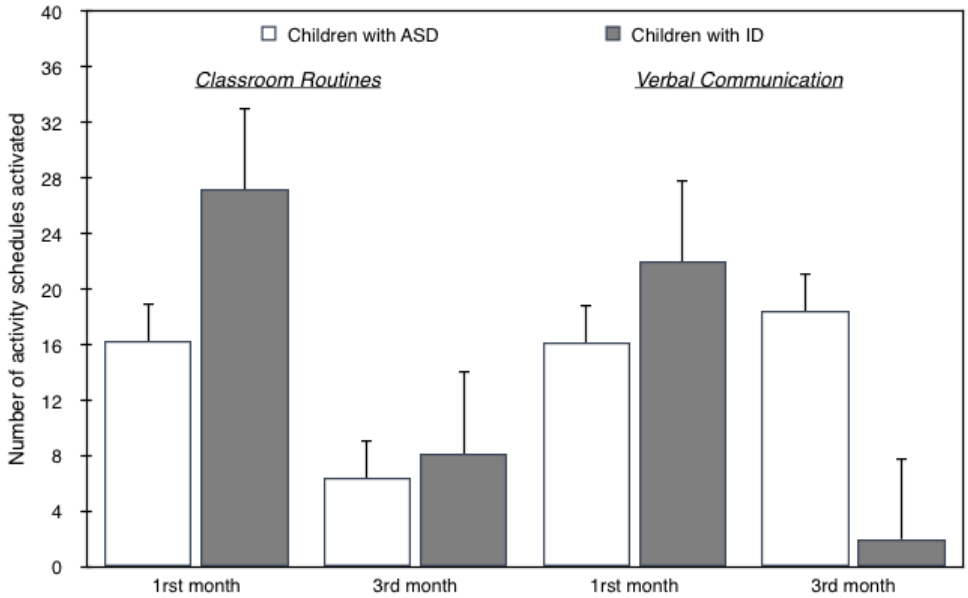



Fig. 8: Number of routines activated as a function of activity domains and intervention duration.

## 6. DISCUSSION

To the best of our knowledge, there is no study assessing a technology-based system for activity schedules to support children with ASD in mainstreamed school environments. Additionally, we found no study addressing the activity schedules with idiosyncratic contents to provide assistive support for first-time inclusion of ASD children in general education classrooms. The results presented here provide insights on these issues. Including children with another neurodevelopmental condition (*e.g.,* Intellectual Disabilities) enriched our results by suggesting which of our proposed design principles might be specific to children with ASD and which ones could apply to both populations.

### 6.1. CS+ for children with ASD

*Efficient and autonomous use in mainstreamed environments.* Our empirical results demonstrate that *CS*+ provides children with ASD with a relevant task-management support in mainstreamed environments, such as a classroom. Importantly, the socio-adaptive routines in class were greatly enhanced for equipped children with ASD, despite the short intervention time (*i.e.,* only three months). We also observe high usability of our application (*i.e.,* independent use after the second month). The limited number of interaction steps within one activity schedule and the two navigation options (forward and backward) allow children to quickly and easily follow the critical steps of each routine. Experimental results suggest that interface organization, interaction duration, and idiosyncratic contents have played a key role in the adoption of our tool, while ensuring the child's effective presence in the classroom.

*Relevance of flexible visual supports for activity schedules in school settings.* Interestingly, for all the children (whether or equipped), the pre-post progress was higher in the classroom routine domain (with nearly perfect execution) than in the verbal communication domain ($\approx$ 70% correctly performed). A related result comes from the log data: we reported a decreased use of *CS*+ over time for classroom routines contrasting with a high and constant use of *CS*+ for verbal communication domain. This usage discrepancy is probably due to differences in socio-cognitive demands of the target tasks into the two domains. Specifically, the more a child becomes proficient in an activity domain, the more (s)he performs the domain-related tasks autonomously, and the less (s)he uses the corresponding contents of *CS*+. This means that the child is able to select the contents of *CS*+ appropriately with respect to her own progress and needs: probably, classroom routines meet a child's needs related to the early stages of classroom inclusion, while verbal communication routines are persistent needs for the classroom life of children with ASD. Note that *CS*+ is built as a learning and assistive device with flexible contents. As a result, when a routine is acquired by the child, stakeholders can create new adapted ones. This is possible thanks to the decoupling between the interface and the contents in *CS*+. Indeed, routines (texts, pictures and step numbers) can be changed while the interface skin remains the same, which is desirable for children with ASD [Hayes et al. 2010; Hourcade et al. 2013].

*Relevance of idiosyncratic and concrete contents for activity schedule in school settings.* Both efficacy and autonomous usage of *CS*+ may result from the superiority of idiosyncratic visual supports over general-purpose ones [Park et al. 2012]. In light of the diversity and complexity of tasks having to be resolved in a school setting (*e.g.,* waiting at the door with classmates, waiting for an approval of the teacher, *etc.*), the use of self-modeled pictures provides illustrations of the particular child in the context of interest. This approach is in favor of imitative behaviors [Cihak et al. 2010]. Additionally, because this experiment includes children with IQs around 70, idiosyncratic visual supports probably contribute to matching their concrete reasoning abilities.

*Collaborative evaluation induces technology acceptance.* The collaborative nature of our intervention allowed our tool to be pervasively accepted by all stakeholders of the child's mainstreamed environment. Teachers, especially, played a major role in facilitating the application usage inside their classroom. For instance, they encouraged children to use our application with sentences like "you should have a look at your tablet".

### 6.2. CS+ for children with ID

*A contrasted efficiency.* Results indicate that the use of *CS+* by children with ID enhanced their autonomy on performing classroom routines in general inclusive classrooms. Children with ID exhibited the same benefits than children with ASD on this domain of activities. However, even if their autonomous use increased with time, the short intervention time did not allowed them to use our tool autonomously (60%). At the end of our study, two participants still relied on the school aide to initiate *CS+* usage. This result suggests that the cognitive cost of handling *CS+* is still higher after three months for children with ID, while it quickly decreases for children with ASD. This observation could be explained by differences between children with ASD [Morrison et al. 2002] and children with ID [Bevill et al. 2001] in terms of learning time. Consequently, children with ID may need a longer intervention (superior of three months) to reach an autonomous use.

*Assisting classroom routines: same benefits for both populations.* We reported the same pattern of results for both populations when considering classroom routines. At the end of the intervention, participants performed nearly perfectly these routines, while decreasing their use of *CS+* over time. This result suggests that some of our design principles is suitable for both populations when assisting non-verbal routines in mainstream classrooms. Specifically, concrete and idiosyncratic pictures seem particularly appropriate, as they have been extensively and successfully used by children with ID to improve their autonomy [Anderson et al. 1997; Copeland and Hughes 2000; Carson et al. 2008; Mechling 2007; Spriggs et al. 2007]. This also supports findings by which the schedule principles are relevant for both ASD and ID children [Koyama and Wang 2011].

*Assisting verbal communication routines: limited relevance of CS+ for children with ID.* Children with ID exhibited limited benefits on verbal communication routines, compared with children with ASD. Additionally, log data indicated a dramatic decrease of use at the end of the intervention. Children with ID can be discouraged by the limited enhancement of their performance, given the remained high-cognitive cost of handling *CS+* (still not autonomous with the tool after 3 months of use). Moreover, verbal communication tasks require cognitive flexibility, which has been reported more impaired for children with ID, compared with children with ASD [Didden et al. 2008; Peters-Scheffer et al. 2013]. These verbal functioning differences could explain the lesser benefits in children with ID compared with children with ASD. This observation challenges effectiveness of our design principles to assist verbal communication routines of children with ID in mainstream classrooms. Notably, excluding auditory or tactile prompts can be unfortunate design options for this population. Indeed, while multi-modal intervention (*i.e.,* visual, auditory or haptic feedbacks) is to be avoided for children with ASD [Mottron et al. 2006], it has been demonstrated to be successful for prompting children with ID [Mechling 2007]. Numerous studies implemented vocal instructions rather than written sentences, given the poor reading skills observed in this population. We did not considered auditory prompts to avoid stigmatization of using headphones inside the classroom and to promote reading skills. Our results suggest future studies should investigate alternative ways to provide more prompt modalities

than only the visual ones, when supporting children with ID on verbal communication tasks.

*Deploying an assistive technology in mainstream environments: lessons learned.* There are numerous constraints when addressing mainstream environments such as a school. In our case, it took some time to find an agreement with participating schools between their ground constraints and our scientific requirements. School staff wanted our intervention to be as short as possible because of their time constraints, potentially limiting our results, especially for children with ID. They also asked for the inclusion of all children of their special-education classroom in our inclusion process. Responding to this requirement brought us to adopt a design study (*i.e.,* Cross-Syndrome design) that could be of great value for researchers in the domain of accessible computing. Additionally, some teachers had some negative beliefs about tablets and gaming platforms for children education [Ertmer 2005], and more particularly for children with ASD (*e.g.,* a tablet socially isolates the child). Finally, let us note that our experimental study had an overall positive outcome in the participating school with regard to inclusion: our intervention allowed some of the children previously identified as "not being able to be included in a mainstream classrooms" by the school staff showed spectacular improvements in their behavior and autonomy. This situation resulted in the increase of their time mainstream classrooms, as well as their inclusion in additional classes, for some of our participants.

### 6.3. Insights from single-case analysis

In this section, we provide qualitative analysis of single-cases to enrich our results. Specifically, we examine the children who exhibited the highest and the lowest improvements over the time of the intervention; they are noted *Hi* and *Li* in the indices used below to refer to our single-cases. This work is done on each activity domain: Classroom Routine activities (Figure 9) and Verbal Communication activities (Figure 10). Overall, data from the performance of potentially 12 children is analyzed (3 child conditions $\times$ 2 activity domains $\times$ 2 improvement patterns). Practically, for each group of children with ASD (*e.g.,* equipped or non-equipped), the child who exhibited the highest benefits on an activity domain also exhibited the highest benefits on the other activity domain, and conversely for the child with the lowest benefits (4 children). As for the children with ID, the same child exhibited the lowest benefits on both activity domains, but a different child exhibited the highest benefits for each activity domain (3 children). This method allows us to capture inter-individual variability within each group condition, as well as intra-individual variability within each activity domain.

Globally, as seen in Figure 9, examining the cases of the two children with ASD, not equipped with *CS+* (noted *NeASD*), reveals that the child $B_{NeASD_{Hi}}$ presents similar non-observable improvements on classroom routine activities compared to $B_{NeASD_{Li}}$. In contrast, on the verbal communication domain, the child $B'_{NeASD_{Hi}}$ exhibits high improvements compared to $B'_{NeASD_{Li}}$ (see Figure 10). Such results stress the inter-individual variability in the dynamic of developmental trajectory within the spectrum of ASD. Indeed, it is well-known that the developmental dynamic in the spectrum of autism is extremely heterogeneous. Specifically, the magnitude of developmental progress is non-linear with leaps and bounds for some children, especially those in the middle/low range of the spectrum. This profile corresponds to the children recruited for our study; they contrast with higher-functioning children described in the pediatric literature [Stichter et al. 2012].

Regarding the four single-cases of equipped children with ASD (noted *eASD*), the child $A_{eASD_{Hi}}$ strongly enhances his performance on classroom routine activities com-

pared to the child $A_{eASD_{Li}}$ (see Figure 9). In other words, the slope of improvements is different across children. For the verbal communication activities, great improvements are observed for both the child $A'_{eASD_{Hi}}$, and the child $A'_{eASD_{Li}}$. However, the slope of improvements is dramatically different between these two children (see Figure 10). The child $A'_{eASD_{Hi}}$ dramatically increased performance in both activity domains at the end of the intervention.

Finally, compared with non-equipped children with ASD, the inter-individual variability is observed among equipped children with ASD for the two activity domains. In other words, this observation means that *CS+* intervention exacerbates the inter-individual variability. This situation aligns itself with some studies that advocate the flexibility and evolutivity of assistive devices to meet the developmental changes of children with ASD [Hayes et al. 2010; Mechling 2007].

Regarding equipped children with ID, the four children exhibit different improvement slopes on classroom routines activities while they are homogeneous for verbal communication. Indeed, these improvements are moderate for lowest improvements on classroom routine activities, while the child with ID exhibiting highest improvements dramatically increase his performance (see Figure 9). On the opposite, improvements are homogeneous and greater for verbal communication activities (see Figure 10).

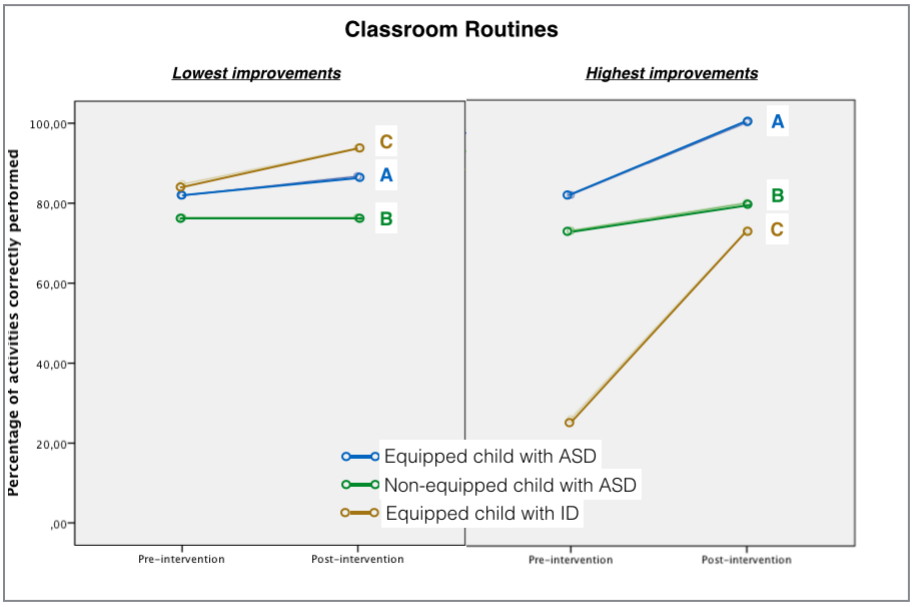



Fig. 9: Percentage of activities correctly performed in the classroom by the child of each group exhibiting the lowest and highest improvements on the Classroom Routine domain.

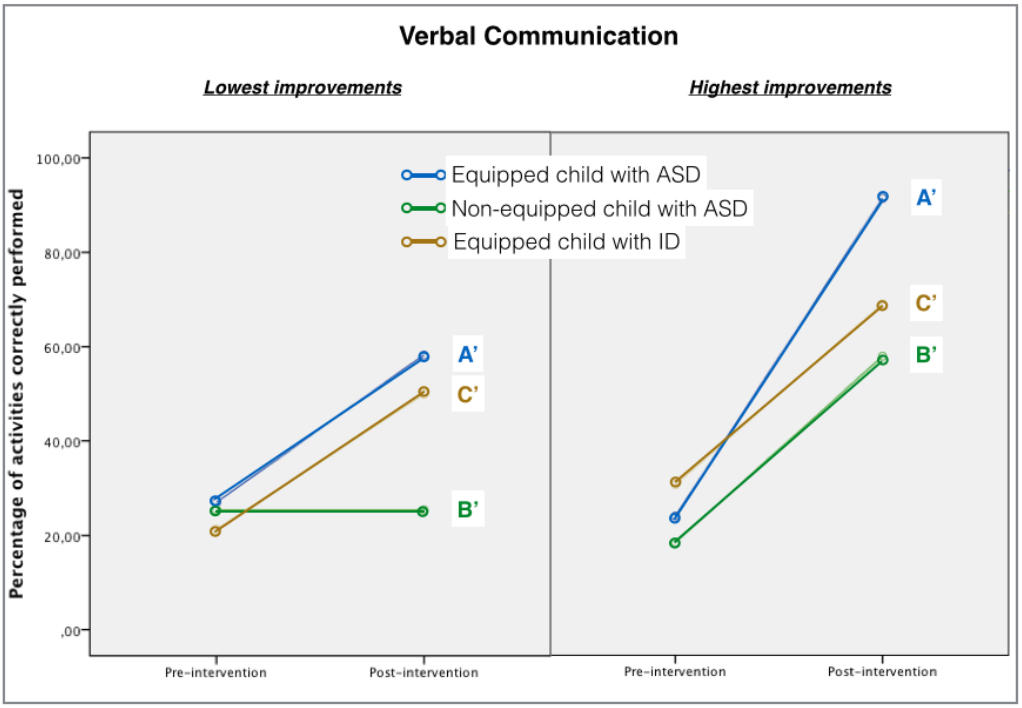



Fig. 10: Percentage of activities correctly performed on classroom for the child of each group exhibiting the lowest and highest improvements on the Verbal Communication domain.

Analyzing the cognitive profiles of these 7 children give insights to better understand their different needs in terms of assistive technologies in mainstream classrooms (See Table 3). First, children with ASD seem to have homogeneous profiles across activity domains (same child exhibits the lowest – or the highest – benefits on both activity domains), whereas children with ID present more intra-individual variability (different children exhibit lowest or highest benefits, depending on a given activity domain). Second, we can observe two main results with the three studied variables: 1) Age variable does not seem to have any influence on benefits from using *CS+*, regardless of the benefits profile (*i.e.,* lowest or highest benefits); 2) the two children with ASD – whether or not equipped – exhibiting the highest improvements have relatively low SRS scores, compared with children with ASD exhibiting the lowest improvements; 3) for children with ID, presenting relatively low IQs, the highest benefits are obtained by children with higher SRS score. These results support different recommandations of *CS+* for mainstream inclusion of these two populations: children with ASD with relatively low SRS scores (*i.e.,* children with better social response) and children with ID with relatively high SRS scores (*i.e.,* with the poorest social response). However, we only measured social response through SRS questionnaire to assess sociocognitive profile of the participants. Obviously, an enrichment of child's profile with more clinical and psychometric measures would give more insights on our single-case analysis.

Overall these single-case analyses stress the inter-individual variability within ASD, and between ASD and ID. This situation should prompt the research community to be cautious when generalizing the efficacy of a given assistive technology. This concern

| | Lowest Benefits | | Highest Benefits | |
|---|---|---|---|---|
| | Classroom Routines | Verbal Communication | Classroom Routines | Verbal Communication |
| Equipped ASD | *Age:* 15.42<br>*IQ:* 109<br>*SRS:* 64 | *Age:* 15.42<br>*IQ:* 109<br>*SRS:* 64 | *Age:* 13.92<br>*IQ:* 106<br>*SRS:* 54 | *Age:* 13.90<br>*IQ:* 106<br>*SRS:* 54 |
| Non-Equipped ASD | *Age:* 13.17<br>*IQ:* 40<br>*SRS:* 101 | *Age:* 13.17<br>*IQ:* 40<br>*SRS:* 101 | *Age:* 11.5<br>*IQ:* 89<br>*SRS:* 84 | *Age:* 11.5<br>*IQ:* 89<br>*SRS:* 84 |
| Equipped ID | *Age:* 15<br>*IQ:* 38<br>*SRS:* 66 | *Age:* 15<br>*IQ:* 38<br>*SRS:* 66 | *Age:* 13.5<br>*IQ:* 35<br>*SRS:* 88 | *Age:* 15.67<br>*IQ:* 66<br>*SRS:* 74 |

Table III: Cognitive profiles of children from single-case analysis.

is addressed by clinical studies that promote longitudinal analyses within single-case design to better capture the developmental trajectory specific to each child [Ganz et al. 2012; Wang et al. 2013]. In other words, the high inter-individual variability within ASD seems to call for a longitudinal assessment of technology-based interventions within several single-cases. Obviously, such experimental design is time-consuming but would provide strong insights concerning the therapeutic impact of technologies in the context of children in the ASD.

*Limitations and Future Work.* Regarding the participating children, their number did not reach a sufficient sample size for statistically conclusive results, even though the use of non-parametric statistical tests has been respected and single-case analyses were reported. Also, the participating children did not cover the spectrum of intellectual functioning. Consequently, it remains to be shown that our results carry over to children with ASD that are on the higher end of the spectrum of intellectual functioning.

Moreover, all school aides participating to this field-study received precise instructions regarding the way they supported children when they used *CS+*: when they have to trigger it, how they let children autonomously choose and use appropriate routines, being less intrusive across intervention time, *etc.*. We believe results we report in this paper would have been less encouraging without applying these instructions rigorously, despite the short intervention time. This observation should be considered for further studies in mainstream environments.

To further explore our research avenue, an interesting direction would be to add new routines to cover as many aspects of task-management as possible, broadening the support of children (with ASD or ID) in mainstreamed school settings. For instance, applications designed to manage tasks may be helpful for self-initiating adaptive behaviors in other school settings (such as school cafeteria, school playground, school bus, *etc.*). Additionally, future work for children with ID should consider implementing multi-modal solutions for assisting verbal communication in mainstream classrooms.

## 7. CONCLUSION

This paper presents a tablet-based application (*Classroom Schedule+*) supporting task-management skills of children with ASD in mainstreamed environments. This application has been used by five children with ASD from special-education classrooms during their inclusion in secondary school classes. To be inclusive in our experimental study, we enrolled the other children of the special-education classrooms, namely, five children with ID; they also used our application and were included in mainstream classes.

All children with ASD successfully adopted our application, whereas children with ID did not reach an autonomous use. The two groups (with ASD and ID) exhibited different patterns of benefits. Children with ASD largely increased their socio-adaptive behaviors on both classroom and verbal communication domains, while children with ID improved only on non-verbal classroom routines. With a participatory design approach, we identified activities that needed support for the inclusion of children with ASD, and we defined design principles that allowed *Classroom Schedule+* to be infused in a mainstreamed environment. Including children with ID in our study gave us insights on the applicability of our design principles for activity schedules. We plan to expand this work by introducing applications that address a wider spectrum of the needs of children (with ASD and ID) for their inclusion in mainstreamed settings.

## 8. APPENDIX

| | Time | Activity domain | Time x Group | Activity domain x Group | Time x Activity Activity domain | Time x Activity domain x Group |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Percentage of activities correctly performed** | F(1,8)=32.49<br>p<.001<br>$\eta^2$=.802 | F(1,8)=62.75<br>p<.001<br>$\eta^2$=.887 | F(1,8)=8.30<br>p=.021<br>$\eta^2$=.509 | F(1,8)=1.41<br>p>.200<br>$\eta^2$=.150 | F(1,8)=14.47<br>p<.005<br>$\eta^2$=.644 | F(1,8)=1.53<br>p>.200<br>$\eta^2$=.161 |
| **Number of routines activated** | F(1,4)=12.26<br>p=.025<br>$\eta^2$=.754 | F(1,4)=.28<br>p>.600<br>$\eta^2$=.066 | | | F(1,4)=3.37<br>p>.100<br>$\eta^2$=.457 | |

Table IV: Three-way mixed ANOVA [2(Time) * 4(Activations) * 2(Group)] analysis for Emotions and Levels activations: Equipped ASD vs. Non-equipped ASD.

| | Time | Activity domain | Time x Group | Activity domain x Group | Time x Activity Activity domain | Time x Activity domain x Group |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Percentage of activities correctly performed** | F(1,8)=20.13<br>p<.002<br>$\eta^2$=.716 | F(1,8)=89.19<br>p<.001<br>$\eta^2$=.918 | F(1,8)=4.87<br>p=.058<br>$\eta^2$=.379 | F(1,8)=4.55<br>p=.066<br>$\eta^2$=.362 | F(1,8)=5.24<br>p=.051<br>$\eta^2$=.396 | F(1,8)=3.34<br>p>.100<br>$\eta^2$=.294 |
| **Number of routines activated** | F(1,8)=4.45<br>p=.068<br>$\eta^2$=.357 | F(1,8)=.001<br>p>.900<br>$\eta^2$<.001 | F(1,8)=2.01<br>p>.100<br>$\eta^2$=.201 | F(1,8)=1.75<br>p>.900<br>$\eta^2$=.179 | F(1,8)=.71<br>p>.400<br>$\eta^2$=.082 | F(1,8)=.99<br>p>.300<br>$\eta^2$=.111 |

Table V: Three-way mixed ANOVA [2(Time) * 4(Activations) * 2(Group)] analysis for Emotions and Levels activations: Equipped ASD vs. Equipped ID.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the children, their families, and schools staff who participated in this study. They would also like to thank the French Ministry of Education and the Orange Fondation for their active support of this work.

## REFERENCES

Michele D Anderson, James A Sherman, Jan B Sheldon, and David McAdam. 1997. Picture activity schedules and engagement of adults with mental retardation in a group home. *Research in Developmental Disabilities* 18, 4 (1997), 231–250.

APA. 2000. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV-TR®*. American Psychiatric Pub, 1000 Wilson Boulevard, Suite 1825, Arlington.

Laura Benton, Hilary Johnson, Emma Ashwin, Mark Brosnan, and Beate Grawemeyer. 2012. Developing IDEAS: Supporting children with autism within a participatory design team. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. ACM, ACM, 2599–2608.

Alicia R Bevill, David L Gast, Amy M Maguire, and Cynthia O Vail. 2001. Increasing engagement of preschoolers with disabilities through correspondence training and picture cues. *Journal of early intervention* 24, 2 (2001), 129–145.

Keyla D Carson, David L Gast, and Kevin M Ayres. 2008. Effects of a photo activity schedule book on independent task changes by students with intellectual disabilities in community and school job sites. *European Journal of Special Needs Education* 23, 3 (2008), 269–279.

Geneviève Charbonneau, Armando Bertone, Franco Lepore, Marouane Nassim, Maryse Lassonde, Laurent Mottron, and Olivier Collignon. 2013. Multilevel alterations in the processing of audio–visual emotion expressions in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia* 51, 5 (2013), 1002–1010.

David F Cihak, Rachel Wright, and Kevin M Ayres. 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 (2010), 136.

Jacob Cohen. 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic press.

John N Constantino, Sandra A Davis, Richard D Todd, Matthew K Schindler, Maggie M Gross, Susan L Brophy, Lisa M Metzger, Christiana S Shoushtari, Reagan Splinter, and Wendy Reich. 2003. Validation of a brief quantitative measure of autistic traits: comparison of the social responsiveness scale with the autism diagnostic interview-revised. *Journal of autism and developmental disorders* 33, 4 (2003), 427–433.

Susan R Copeland and Carolyn Hughes. 2000. Acquisition of a picture prompt strategy to increase independent performance. *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities* 35, 3 (2000), 294–305.

Meg Cramer, Sen H Hirano, Monica Tentori, Michael T Yeganyan, and Gillian R Hayes. 2011. Classroom-based assistive technology: collective use of interactive visual schedules by students with autism.. In *CHI*. ACM, 1–10.

Daniel K Davies, Steven E Stock, and Michael L Wehmeyer. 2002. Enhancing independent task performance for individuals with mental retardation through use of a handheld self-directed visual and audio prompting system. *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities* 37, 2 (2002), 209–218.

R Didden, J Sigafoos, VA Green, HPLM Korzilius, CFAM Mouws, GE Lancioni, MF O'Reilly, and LMG Curfs. 2008. Behavioural flexibility in individuals with Angelman syndrome, Down syndrome, non-specific intellectual disability and Autism spectrum disorder. *Journal of Intellectual Disability Research* 52, 6 (2008), 503–509.

Allison Druin. 2002. The role of children in the design of new technology. *Behaviour and information technology* 21, 1 (2002), 1–25.

Arne Duncan, Michael Yudin, and Melody Musgrove. 2014. *36th Annual Report to Congress on the Implementation of the Individuals with Disability Education Act*. Technical Report. Office of Special Education and Rehabilitative Services, U.S. Department of Education.

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

Lizbeth Escobedo, David H Nguyen, LouAnne Boyd, Sen Hirano, Alejandro Rangel, Daniel Garcia-Rosas, Monica Tentori, and Gillian Hayes. 2012. MOSOCO: a mobile assistive tool to support children with autism practicing social skills in real-life situations. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, ACM, 2589–2598.

Charles Fage, Léonard Pommereau, Charles Consel, Émilie Balland, and Hélène Sauzéon. 2014. Tablet-based activity schedule for children with autism in mainstream environment. In *Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility*. ACM, ACM, 145–152.

Christopher Frauenberger, Judith Good, and Wendy Keay-Bright. 2011. Designing technology for children with special needs: bridging perspectives through participatory design. *CoDesign* 7, 1 (2011), 1–28.

Annie Gagné. 2010. *Including a Student with Autism Spectrum Disorder in my Classroom*. Conseil des Ecoles publiques de l'Est de l'Ontario (in French).

Jennifer B Ganz, Theresa L Earles-Vollrath, Amy K Heath, Richard I Parker, Mandy J Rispoli, and Jaime B Duran. 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 (2012), 60–74.

Tony Gentry, Joseph Wallace, Connie Kvarfordt, and Kathleen B Lynch. 2010. Personal digital assistants as cognitive aids for high school students with autism: results of a community-based trial. *Journal of Vocational Rehabilitation* 32, 2 (2010), 101–107.

Jacques Grégoire. 2000. *L'évaluation clinique de l'intelligence de l'enfant: Théorie et pratique du WISC-III*. Vol. 229. Editions Mardaga.

Nicolas Guéguen. 2009. Limportance dun effet: méthodologie simple de détermination et dévaluation de "leffect size". *European Journal of Scientific Research* 38, 1 (2009), 20–25.

Joshua K Harrower and Glen Dunlap. 2001. Including children with autism in general education classrooms a review of effective strategies. *Behavior Modification* 25, 5 (2001), 762–784.

Gillian R Hayes, Sen Hirano, Gabriela Marcu, Mohamad Monibi, David H Nguyen, and Michael Yeganyan. 2010. Interactive visual supports for children with autism. *Personal and ubiquitous computing* 14, 7 (2010), 663–680.

Sen H Hirano, Michael T Yeganyan, Gabriela Marcu, David H Nguyen, Lou Anne Boyd, and Gillian R Hayes. 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*. ACM, ACM, 1633–1642.

Hwajung Hong, Eric Gilbert, Gregory D Abowd, and Rosa I Arriaga. 2015. In-group Questions and Out-group Answers: Crowdsourcing Daily Living Advice for Individuals with Autism. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 777–786.

Juan Pablo Hourcade, Stacy R Williams, Ellen A Miller, Kelsey E Huebner, and Lucas J Liang. 2013. Evaluation of tablet apps to encourage social interaction in children with autism spectrum disorders. In *Proceedings of the 2013 ACM annual conference on Human factors in computing systems*. ACM, ACM, 3197–3206.

P Hunt and J McDonnell. 2007. *Inclusive education*. Guilford Publications New York. 269–291 pages.

A Blair Irvine, Alice M Erickson, George HS Singer, and Dawn Stahlberg. 1992. A coordinated program to transfer self-management skills from school to home. *Education and Training in Mental Retardation* 35, 3 (1992), 241–254.

Takanori Koyama and Hui-Ting Wang. 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 (2011), 2235–2242.

Giulio E Lancioni, Mark F OReilly, Philip Seedhouse, Frederick Furniss, and Bernardo Cunha. 2000. Promoting independent task performance by persons with severe developmental disabilities through a new computer-aided system. *Behavior Modification* 24, 5 (2000), 700–718.

Jenna Lequia, Wendy Machalicek, and Mandy J Rispoli. 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 (2012), 480–492.

Miriam Liss, Brian Harel, Deborah Fein, Doris Allen, Michelle Dunn, Carl Feinstein, Robin Morris, Lynn Waterhouse, and Isabel Rapin. 2001. Predictors and correlates of adaptive functioning in children with developmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders* 31, 2 (2001), 219–230.

Edmund Lopresti Frank, Alex Mihailidis, and Ned Kirsch. 2004. Assistive technology for cognitive rehabilitation: State of the art. *Neuropsychological rehabilitation* 14, 1-2 (2004), 5–39.

Catherine Lord, Michael Rutter, and Ann Le Couteur. 1994. Autism Diagnostic Interview-Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders* 24, 5 (1994), 659–685.

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

Erin E McCurdy and Christine L Cole. 2013. Use of a Peer Support Intervention for Promoting Academic Engagement of Students with Autism in General Education Settings. *Journal of autism and developmental disorders* 44, 4 (2013), 1–11.

Linda C Mechling. 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 (2007), 252–269.

Gary B Mesibov, Victoria Shea, and Eric Schopler. 2004. *The TEACCH approach to autism spectrum disorders*. Springer Science & Business Media.

Rebecca S Morrison, Diane M Sainato, Delia Benchaaban, and Sayaka Endo. 2002. Increasing play skills of children with autism using activity schedules and correspondence training. *Journal of early intervention* 25, 1 (2002), 58–72.

Laurent Mottron, Michelle Dawson, Isabelle Soulieres, Benedicte Hubert, and Jake Burack. 2006. Enhanced perceptual functioning in autism: an update, and eight principles of autistic perception. *Journal of autism and developmental disorders* 36, 1 (2006), 27–43.

Susana Mouga, Joana Almeida, Cátia Café, Frederico Duque, and Guiomar Oliveira. 2014. Adaptive Profiles in Autism and Other Neurodevelopmental Disorders. *Journal of autism and developmental disorders* (2014), 1–12.

Ji Hyun Park, Bretagne Abirached, and Yan Zhang. 2012. A framework for designing assistive technologies for teaching children with ASDs emotions. In *CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, ACM, 2423–2428.

Nienke Peters-Scheffer, Robert Didden, Jeff Sigafoos, Vanessa A Green, and Hubert Korzilius. 2013. Behavioral flexibility in children with autism spectrum disorder and intellectual disability. *Research in Autism Spectrum Disorders* 7, 6 (2013), 699–709.

Cynthia Putnam and Lorna Chong. 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*. ACM, 3–10.

Harini Sampath, Bipin Indurkhya, and Jayanthi Sivaswamy. 2012. A communication system on smart phones and tablets for non-verbal children with autism. In *Computers Helping People with Special Needs*. Springer, 323–330.

Marian Sigman and Ellen Ruskin. 1999. References. *Monographs of the society for research in child development* 64, 1 (1999), 109–113.

Amy D Spriggs, David L Gast, and Kevin M Ayres. 2007. Using picture activity schedule books to increase on-schedule and on-task behaviors. *Education and Training in Developmental Disabilities* 42, 2 (2007), 209–223.

Janine P Stichter, Karen V OConnor, Melissa J Herzog, Kristin Lierheimer, and Stephanie D McGhee. 2012. Social competence intervention for elementary students with Aspergers syndrome and high functioning autism. *Journal of autism and developmental disorders* 42, 3 (2012), 354–366.

Monica Tentori and Gillian R Hayes. 2010. Designing for interaction immediacy to enhance social skills of children with autism. In *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing*. ACM, ACM, 51–60.

Shin-Yi Wang, Rauno Parrila, and Ying Cui. 2013. Meta-analysis of social skills interventions of single-case research for individuals with autism spectrum disorders: Results from three-level HLM. *Journal of autism and developmental disorders* 43, 7 (2013), 1701–1716.

*L'article suivant constitue un chapitre de l'ouvrage Cognition Sociale. Il a été écrit sur invitation des éditeurs dans le cadre des 44èmes Entretiens de Médecine Physique et de Réadaptation. Il présente une revue de la littérature sur les prises en charge des enfants avec TSA, et délivre un partie des résultats de l'Etude 3 de ce document.*

# Applications Numériques pour la Cognition Sociale pour Favoriser l'Inclusion Scolaire des Élèves avec Troubles du Spectre Autistique (TSA)

Fage[12] C., Consel[2] C., Etchegoyhen[3] K., Amestoy[3] A., Bouvard[3] M., Sauzéon[12] H.

[1] Laboratoire HACS Handicap, Activité, Cognition et Système Nerveux, Université de Bordeaux, 146 rue Léo Saignat, 33000 Bordeaux
[2] Équipe Phoenix, Inria Bordeaux Sud-Ouest, 200 Avenue de la Vieille Tour, 33405 Talence
[3] Centre Ressources Autisme et Troubles du Développement, Centre Hospitalier Charles Perrens, 121 Rue de la Béchade, 33076 Bordeaux Cedex, France

## Résumé

L'inclusion des enfants avec TSA en classe ordinaire est gravement limitée de par leurs difficultés socio-adaptatives et leur fonctionnement sociocognitif déficitaire, notamment les processus liés à la cognition sociale. Après avoir fait une revue des approches cognitivo-comportementales et des interventions basées sur les nouvelles technologies pour pallier aux difficultés d'adaptation de ces enfants dans les environnements de vie quotidienne, ce chapitre présente un package d'applications mobiles, nommé *Collège+*, qui comporte à la fois des applications d'assistance et de remédiation cognitive pour favoriser l'inclusion scolaire des enfants avec TSA. Ces applications ont fait l'objet d'une validation expérimentale dans le cadre d'une intervention de 3 mois en classe ordinaire ainsi qu'au domicile auprès de 33 enfants (14 enfants avec TSA et 19 enfants avec DI) de classes spécialisées pendant leur primo-inclusion en classe ordinaire au collège. Les bénéfices, principalement pour les enfants TSA équipés, en termes de comportements socio-adaptatifs au collège, d'aptitudes sociales et de fonctionnement sociocognitif (évaluation neuropsychologiques en lien avec les mécanismes Théorie de l'Esprit) sont présentés et discutés. L'ensemble de ces résultats est prometteur et supporte l'intérêt d'intégrer les outils numériques dans les interventions thérapeutiques et compensatoires ciblant la cognition sociale auprès d'enfants avec TSA.

## Introduction

Les troubles du développement cognitif renvoient à un ensemble de perturbations hétérogènes et chroniques concernant le développement des habiletés perceptives, et/ou motrices, et/ou cognitives et, dont les origines sont des dysfonctionnements cérébraux. Parmi les troubles les plus sévères affectant l'ensemble du développement psychologique, préfigurent les Troubles du Spectre Autistique avec une prévalence de 11/1000 enfants [26] ou encore la Déficience Intellectuelle (DI) avec une prévalence de 10/1000 naissances [46]. Selon la dernière classification du troubles mentaux (DSM-V, [2]), les TSA se caractérisent par des anomalies touchant les

interactions sociales (aptitudes sociales et communicatives) et la manifestation de comportements restreints et/ou répétitifs (stéréotypies). Les fonctions cognitives telles que la perception du mouvement humain, les mécanismes sociocognitifs, la régulation des émotions, le fonctionnement exécutif mais aussi certaines fonctions sensorielles et motrices sont autant de fonctions qui peuvent être affectées dans le TSA à des degrés divers [17]. La DI, quant à elle, se caractérise par un trouble de l'intelligence (quotient intellectuel –QI inférieur à 70 à l'échelle de la WISC-IV, [64]) avec pour origines principales des causes génétiques (trisomie 21, syndrome du X fragile, *etc*.) ou toxiques (alcoolisation prénatale) et des causes non spécifiques (maladies, malnutrition, *etc*.). Notons que les TSA peuvent s'accompagner d'une déficience cognitive, qui amène les auteurs à parler de TSA bas niveau (QI<70) en opposition aux TSA haut niveau (QI>70) [37].

La diversité de profils des enfants avec TSA, et notamment en termes de cognition sociale, requière une prise en charge individualisée et un accompagnement personnalisé à la participation à la vie scolaire qui malheureusement se heurte souvent aux conditions normées des milieux ordinaires tels que l'école.

Dans ce chapitre, nous visons à démontrer par un état de l'art suivi d'une étude empirique qu'il est possible à l'aide d'applications numériques de proposer conjointement des aides compensatoires aux activités socio-adaptatives et une rééducation sociocognitive, soutiens favorables à l'inclusion scolaire de collégiens avec TSA en classe ordinaire.

## Scolarisation et TSA

Alors que la circulaire du 8 mars 2005 confère à l'enfant avec TSA un statut d'élève à part entière, sa scolarisation en classe ordinaire est encore loin d'être généralisée. En effet, pendant l'année scolaire 2011-2012, seuls 1761 élèves étaient inscrits en ULIS (Unité localisée d'inclusion scolaire), sur les quelques 30 000 jeunes de moins de 20 ans avec TSA recensés, soit 5.9% de la population concernée [52]. Pourtant, le bénéfice d'une inclusion scolaire en milieu ordinaire de ces enfants est largement documenté et argumenté par les études [42].

Si l'insuffisance des formations et de la sensibilisation des acteurs de la vie scolaire (enseignants, Assistants à la Vie Scolaire-AVS, praticiens, parents, *etc*.) sur les troubles rencontrés par les enfants avec TSA expliquent en partie les craintes des structures à recevoir ces élèves [42], la restriction de la participation sociale de ces enfants dans les milieux scolaires ordinaires est également due à des limitations dans leurs comportements socio-adaptatifs ainsi qu'une cognition sociale déficitaire [31]. La classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé pour les enfants et les adolescents (CIF-EA) [48] met en effet l'accent sur les fonctionnements spécifiques des enfants avec TSA précipitant la situation de handicap scolaire, dont notamment:

- Les aptitudes sociales : les échanges verbaux sont impactés chez les personnes avec TSA de manière plus ou moins lourde [54] et de nombreux protocoles sociaux ne semblent pas acquis chez les adolescents avec TSA (dire bonjour, remercier un tiers, *etc*. [56].
- La reconnaissance d'émotions : les enfants avec TSA présentent des difficultés de théorie de l'esprit (mécanismes cognitifs permettant d'identifier et de mentaliser les états mentaux de soi et d'autrui, [3]) et peinent à reconnaître les émotions, qu'il s'agisse des leurs ou de celles d'autrui) [4].
- L'autoregulation émotionnelle : les réponses émotionnelles disproportionnées très courantes chez les élèves TSA sont reconnues comme des barrières à l'inclusion scolaire [32].
- Les capacités exécutives (planification, gestion du temps, flexibilité, inhibition, notamment) et les capacités d'apprentissage et d'application des connaissances : les enfants avec TSA peuvent avoir des difficultés de maintien de l'attention, d'écoute ou encore d'imitation qui rendent les processus d'apprentissages scolaires classiques difficiles [9].

Afin de pallier aux problèmes soulevés ci-dessus, différents outils psychoéducatifs sont préconisés dans les TSA pour faciliter l'inclusion en milieu ordinaire comme le Picture Exchange Communication System (PECS) qui permet aux enfants de communiquer à l'aide d'images répertoriées dans un classeur [8], les livrets de *scenarii* sociaux qui les entrainent à réagir à des situations sociales particulières [34] ou encore le découpage d'activité en sous-tâches illustrées pour les aider à s'organiser et à gérer leur temps [40]. Néanmoins, ces méthodes aussi efficaces soient telles sont coûteuses à leur élaboration (*e.g.* prompteurs imagés d'activités), stigmatisantes (*e.g.* encombrement matériel d'un classeur de communication), et peu pervasives à la diversité des situations des milieux ordinaires (*e.g.* scripts sociaux) [15].

## Prise en charge comportementale et cognitive des TSA

Le troisième plan national autisme (2013- 17) promeut les interventions cognitivo-comportementales comme facilitateur à l'inclusion scolaire des enfants avec TSA [43].

De nombreuses interventions cognitivo-comportementales existent pour les enfants avec TSA (pour revue : [29,49]). Notamment, les prises en charge du type *Applied Behaviour Analysis* (ABA) sont très répandues [55]. L'ABA, comme sa dérivée, la thérapie Lovaas [39], reposent sur des principes de prise en charge globale qui adressent les aptitudes de la vie quotidienne, allant de la communication aux compétences scolaires, en passant par les loisirs ou les interactions sociales. Il s'agit d'une prise en charge intensive basée sur la répétition (25 à 40 heures par semaine), avec des séances de travail en vis-à-vis avec un thérapeute concentrées sur un type de

compétence à la fois. Les apprentissages sont renforcés par l'utilisation de récompenses, sous la forme d'images ou de jetons [36]. Selon la revue de question de Ospina *et al. [49]*, l'efficacité de ces thérapies cognitivo-comportementales est supérieure à une éducation spécialisée classique en termes d'adaptation du comportement dans les activités de vie quotidienne, de communication et d'interactions sociales, mais également en termes de fonctionnement cognitif (mécanismes de théorie de l'esprit, conscience émotionnelle, *etc*.).

D'autres prises en charge intégratives, spécialisées à l'environnement scolaire, existent. C'est le cas du programme *Treatment and Education of Autistic and related Communication handicapped CHildren* (TEACCH). Ce programme individualisé repose sur la structuration forte des espaces d'apprentissage et du temps, par le biais de supports visuels papiers, ainsi que sur l'étroite collaboration entre les équipes pédagogiques et les familles [50]. Selon la revue de Ospina et al. [49], l'application du programme TEACCH a permis des améliorations significatives chez les enfants avec TSA, notamment dans le fonctionnement cognitif, les comportements socio-adaptatifs et la communication. Néanmoins, plus récemment, Ho *et al.* rapportent certaines limites récurrentes dans ce corpus de littérature. La limite majeure porte sur le manque de concordance entre les buts explicités, les contenus/aptitudes enseignés et les mesures effectuées [29]. Par exemple, sur les 17 études recensées qui portaient sur la réduction de l'anxiété, aucune n'a mesuré les capacités cognitives ou les comportements des participants visant l'autorégulation des émotions. En conséquence, inférer les liens entre les progrès comportementaux observés et les éventuelles améliorations neurocognitives associées demeure impossible. Cette critique se retrouve sous sa forme inversée dans les études adoptant une approche neuropsychologique où les programmes de remédiation cognitive, par exemple un entrainement intensif à la reconnaissance d'émotions faciales, sont évalués comme concluants sur des épreuves évaluant les mécanismes entraînés sans pour autant apporter la preuve de leur efficacité sur des activités plus intégrées, sondées par exemple avec des questionnaires évaluant la réponse sociale (*e.g.* Social Responsiveness Scale-SRS, [12]) [51]. Une autre limite des interventions cognitivo-comportementales est qu'elles reposent sur un travail et des évaluations faites par un thérapeute dans un environnement protégé (*i.e.* le cabinet). Ainsi, le transfert des apprentissages thérapeutiques en environnements ordinaires n'est que très rarement, ou partiellement, renseigné [29, 49]. Dès lors, des données objectives sont manquantes pour statuer de la pertinence de ces interventions pour améliorer les capacités adaptatives et le fonctionnement sociocognitif dans la vie quotidienne des enfants avec TSA. Autrement dit, aucune preuve n'est réellement apportée en termes de réduction de la situation de handicap des enfants.

## Les applications numériques pour les TSA

Depuis 2010, les tablettes numériques sont de plus en plus visibles dans le paysage scolaire. Elles permettent de rythmer différemment les cours, offrent la possibilité de travailler individuellement ou collectivement et proposent une grande variété d'activités. L'éducation nationale conduit actuellement plusieurs études pour tester l'efficacité de tels outils dans l'enseignement primaire et secondaire [44]. Dans le secteur de la santé, la portabilité de tablettes offrent de nouvelles perspectives de rééducation, d'assistance et d'évaluation en milieu ordinaire jusque là impossibles sans la présence d'un soignant ou aidant formé.

Le nombre d'applications à vocation d'aide ou d'entrainement pour tout type de déficience grandit sur l'Apple Store (IOs) et le Google Play Store (Android), magasins numériques d'applications. Il existerait, aujourd'hui, plus de 300 applications pour les personnes avec TSA dont la majorité n'a malheureusement fait l'objet d'aucune validation scientifique quant à leur efficacité compensatoire ou thérapeutique [51, 53]. L'appétence des enfants avec TSA pour ce type de supports (pour revue : [60] a sans doute été incitatrice à cette expansion du marché.

Pour autant, les chercheurs investiguent depuis plus de 10 ans les apports des nouvelles technologies dans les interventions pour adresser les difficultés rencontrées par les enfants avec TSA (pour revue : [21]). Ces technologies prennent la forme de logiciels d'entrainement à des tâches déficitaires ou d'applications de support/d'aide à la réalisation d'activités implémentées sur des systèmes mobiles.

Récemment, Ploog et al. ont proposé une classification des applications de remédiation cognitive selon le domaine déficitaire ciblé [51]. Selon cette classification, 4 grandes familles d'applications sont distinguables: i) celles adressant le langage (*e.g.* [7]), ii) les aptitudes sociales (*e.g.* [47]), iii) la reconnaissance d'émotions (*e.g.* [59]), et iiii) la Théorie de l'Esprit (ToM) (*e.g.* [61]). Dans la famille des applications pour la remédiation des processus de ToM s'illustre le logiciel *Mind Reading*, tant par le nombre d'exercices proposés autour de l'identification des émotions ou de la ToM que par la validation expérimentale dont il a fait l'objet [20]. En effet, les auteurs rapportent des bénéfices sur les processus entrainés dans le cadre d'études répondant aux standards expérimentaux (nombre de participants, mesures standardisées, *etc.*) pour une validation scientifique. Cependant, il demeure inconnu si ces bénéfices s'expriment en situations naturelles. Pour les autres familles d'applications, les standards expérimentaux sont rarement atteints et le transfert des apprentissages en situations réelles n'est généralement pas observés, lorsqu'il est évalué (pour revue, [51]).

A coté de ces applications de remédiation cognitive, un grand nombre de technologies portent sur l'assistance *in situ*, c'est-à-dire lors de la réalisation des tâches qui posent problème pour les enfants avec TSA (pour revue : [41]). Ces technologies compensatoires reposent majoritairement sur les programmes d'activités, qui divisent les

tâches-problèmes en séquences de sous-étapes illustrées par une consigne et une image [40]. Leur efficacité pour soutenir les activités extra-scolaires (*e.g.* hygiène des mains, gestion du temps d'attente lors de visites médicales, *etc.*) des enfants a été démontrée à travers de nombreuses études portant sur ces activités. Pour les auteurs, cette efficacité serait le résultat d'une aide compensatoire aux difficultés exécutives associées aux TSA (*e.g.* [5, 41] mais aussi à l'anxiété exacerbée chez les enfants TSA (*i.e.* caractère explicite et structure invariante des contenus des applications, [27]). Cependant, aussi enthousiasmantes soient-elles, ces études regroupaient peu de participants, et le plus souvent se réalisaient en environnement protégé (*e.g.* classe spécialisée, institutions spécialisées) et visaient plus à démontrer leur utilisabilité auprès du jeune public avec TSA qu'à en asseoir leur efficacité compensatoire (pour revue, [24]). Ainsi, au total, bien que les programmes d'activités sur outils numériques aient fait l'objet d'une validation expérimentale partielle dans les milieux spécialisés, leurs bénéfices sur l'assistance de tâches en environnement de vie quotidienne reste à être démontrée.

Concernant les milieux scolaires ordinaires, peu d'outils sur support numérique ont été développés pour assister l'inclusion. Par exemple, Escobedo *et al.* [14] proposent MOSOCO, un outil basé sur smartphone pour pratiquer les compétences sociales durant les récréations, en utilisant une approche basée sur la réalité augmentée. Le système vSked [28], une application de création d'emplois du temps illustrés, à destination des enfants avec TSA a été conçue sur la base d'interviews (parents d'enfants TSA, professeurs, thérapeutes, éducateurs et neuroscientifiques) et d'observations dans trois classes spécialisées. Ou encore, un gestionnaire de tâches, implémenté sur un smartphone, a été utilisé par des jeunes adultes avec TSA étudiant à l'université [18]. Enfin, l'application ICan, une version numérisée et paramétrable du PECS, a été testée en classes spécialisées auprès des professeurs accueillant des élèves avec TSA afin d'évaluer son utilisabilité [11]. Ces premières études étayent la pertinence d'introduire en milieux scolaires ces outils auprès du jeune public avec TSA et cela est en plein accord avec le rapport de 2012 de l'UNESCO qui préconise des rénovations pédagogiques et notamment celle de l'usage des nouvelles technologies comme support d'accompagnement des élèves en situation de handicap scolaire. Néanmoins, dans une perspective rééducationnelle, ces études n'offrent pas la preuve pas leur efficacité compensatoires en termes de soutien /aide à la réalisation d'activités socio-adaptatives à l'école.

## But de l'Etude « Collège+ »

Dans ce contexte, et pour répondre aux limites des interventions existantes, tant sur le plan de la rigueur expérimentale que sur l'environnement adressé (*i.e.* environnement ordinaire), nous avons développé un package d'applications mobiles pour soutenir l'inclusion scolaire d'enfants avec TSA. Ce package, nommé *Collège+*, comporte à la fois des applications d'assistance (compensatoires) et de remédiation cognitive, orientées sur

l'entrainement des processus de ToM. Il a fait l'objet d'une intervention de 3 mois et d'une validation expérimentale en classe ordinaire ainsi qu'au domicile avec un recrutement de 50 participants. Les bénéfices en termes de comportements socio-adaptatifs au collège (échelle de Handicap scolaire, EQCA-VS), d'aptitudes sociales (Echelle SRS) et de fonctionnement sociocognitif (évaluation neuropsychologiques en lien avec les mécanismes TOM) ont été évalués auprès de collégiens en situation de primo-inclusion en classe ordinaire.

# Méthode

Dans le but de mesurer les bénéfices liés à l'utilisation conjointe d'applications compensatoires et de remédiation ciblant la cognition sociale, trois groupes de collégiens ont été recrutés. Deux de ces groupes sont composés d'élèves avec TSA : un groupe équipé des applications (TSA équipés), l'autre non (TSA non équipés). Le troisième, recruté dans les mêmes classes spécialisées, est composé d'élèves avec DI non-spécifiques (DI équipé). La comparaison TSA équipés vs. non-équipés permet d'évaluer l'effet de l'intervention chez les enfants avec TSA et la comparaison « cross-syndrome » (Seltzer, Abbeduto, Krauss, Greenberg, & Swe, 2004) permet d'évaluer les effets de l'intervention spécifiques aux enfants avec TSA.

## Participants

Notre étude s'est déroulée dans des classes spécialisées au sein d'établissements d'enseignement secondaire ordinaires. Un total de 50 élèves, dont l'âge varie de 12.0 ans à 17.3 ans ont été recrutés. Deux participants équipés ont changé d'orientation pédagogique avant la fin de notre intervention de trois mois, nous amenant à les retirer de notre échantillon. Finalement, 29 participants sont des élèves avec TSA et 19 avec DI [Tableau 1]. Les élèves avec TSA sont séparés en deux groupes : 14 élèves équipés et 15 élèves contrôles non-équipés. Les trois groupes ont été appariés sur l'âge chronologique et le fonctionnement cognitif (grâce à une estimation du QI réalisée avec la WISC-IV abrégée [23].

**Les différences potentielles entre les trois groupes ont été testées avec une analyse de variance (ANOVA) à un facteur [Tableau I. Caractéristiques des participants**

]. Des neuro-pédiatres du Centre Ressource Autisme d'Aquitaine ont examiné tous les participants, et les diagnostics de TSA ont été réalisés en respect des critères du DSM-IV (American Psychiatric Association, 2000) grâce à l'échelle « Autism Diagnostic Interview-Revised » [38].

Comme recommandé par la convention d'Helsinki, les consentements éclairés des parents et des participants eux-mêmes ont été récoltés avant l'étude. De plus, le Comité d'Éthique de l'Inria ainsi que le Conseil de Protection des Personnes affiliés à notre université ont approuvé le protocole présenté ci-après.

## Description des applications

**Les applications *Collège+* sont implémentées sur tablette tactile. Cette plateforme permet de riches supports visuels et visuels et permet à l'application d'être utilisée dans n'importe quel environnement. Grâce à un travail collaboratif collaboratif avec les parties prenantes sur le terrain (familles, équipes éducatives, thérapeutes), deux types d'applications ont été co-construites: 1) *des applications compensatoires* au nombre de trois, destinées à être utilisées utilisées en environnement scolaire ordinaire, et 2) des *applications de remédiation* au nombre de 3, destinées à être**

**être utilisées quotidiennement au domicile [**

Figure 1. Écran d'accueil du package Collège+]. L'ensemble des contenus de ces applications adresse spécifiquement le milieu scolaire et est personnalisé à chaque élève.

## Applications compensatoires : Aide à la planification–exécution d'activités en milieu scolaire

Pour répondre notamment aux difficultés exécutives de planification et d'exécution de tâches nouvelles que rencontre l'élève avec TSA, les deux premières applications visent à acquérir des routines scolaires et des routines de communications verbales en classe. Ces activités ont été identifiées et validées après entretien avec les professeurs et l'ensemble de l'équipe pédagogique impliquée dans ce projet. Notons que pour ces deux applications, autant de prompteurs d'activités que nécessaires peuvent être générés. Pour les routines scolaires, les activités ciblées sont : Se rendre devant la classe, l'entrée en classe, la sortie du matériel scolaire, la prise des devoirs, et la sortie de classe. La deuxième application porte les activités de communication contextualisées à la classe. Deux situations de communication (initiation et réception) et deux types d'interlocuteurs (enseignant et camarade) ont été distingués, créant ainsi 4 scenarii d'interaction. Pour chaque scénario, des séquences

différentes sont proposées en fonction du but de la communication (*e.g.* faire répéter, demander de l'aide, faire un commentaire). Ces deux applications présentent la même interface : une liste des séquences disponibles est affichée sur le premier écran, deux flèches permettent d'avancer ou reculer à travers la séquence d'étapes. Une barre de progression, ainsi qu'une miniature des étapes précédente et suivante, facilitent le repérage au sein de la séquence. Chaque étape est décrite sous la forme d'un texte et d'une image pour renforcer la compréhension de la tâche [Figure 2. Exemple d'interface de prompteur d'activité]. Enfin, un message de renforcement positif est affiché à la fin de chaque séquence.

La troisième application propose une assistance à la régulation émotionnelle. Après avoir identifié son émotion grâce à des émoticônes, et quantifié son intensité grâce à un thermomètre interactif à 4 niveaux, l'application présente des supports idiosyncratiques apaisants récoltés auprès des familles, en concertation avec l'élève. Chaque degré d'intensité est associé à un type de medium : consignes de relaxation, images personnelles et vidéos personnelle de co-régulation.

### Applications de remédiation socio-cognitive

Basées sur les principes dits des « jeux sérieux », les applications construites sont à difficulté croissante et portent sur des processus cognitifs liés à la ToM. Le passage d'un niveau à l'autre est conditionné par le taux de bonnes reponses du partcipant (>80%).

Deux applications proposent des exercices d'identification des émotions faciales : l'une sur du matériel statique (*i.e.* photographies), l'autre sur du matériel dynamique (*i.e.* vidéos). Concernant le matériel statique, des photographies des expressions faciales des personnels de l'établissement fréquenté par chaque participant ont été incluses à ces applications (enseignant spécialisé, surveillants, auxiliaires de vie scolaire, personnels techniques, *etc*.). Le matériel dynamique repose sur des vidéos de dessin animé simpliste pour les premiers niveaux comportant un seul personnage et uniquement les émotions de base (*i.e.* joie, peur, colère, tristesse). Des vidéos de dessins animés complexes, avec textures, émotions enrichies et interactions entre personnages composent les niveaux suivants. Il est à noter que ces vidéos sont ralenties dans les premiers niveaux afin de permettre à l'élève de capter au mieux les expressions des personnages. Ce ralentissement repose sur les travaux démontrant les bénéfices d'une exposition ralentie aux stimuli faciaux à valence émotionnelle [19, 62].

La troisième application [Figure 3. Application de remédiation du focus attentionnel] propose un entrainement à l'orientation attentionnelle, compétence participant à une bonne détection des intentions de communication d'autrui [33] et qui est déficitaire chez les enfants TSA [10]. Une photographie de visage est présentée à l'élève, puis un symbole est affiché de manière furtive au niveau des yeux. Il est enfin demandé à l'élève de sélectionner

le symbole apparu précédemment au sein d'une liste de symboles. Le premier niveau de cette application est composé de photographies de visages ; le deuxième est composé de photographies de scènes d'interaction complexes en environnement scolaire. Dans ce deuxième cas, le symbole s'affiche sur le visage de la personne pertinente dans la scène de classe (l'énoncé de l'exercice par le professeur, la discussion avec un camarade pendant la récréation, *etc*.).

Une fonctionnalité de suivi des performances a également été implémentée. Ainsi, tout aidant intervenant auprès de l'élève peut suivre l'utilisation des applications, ainsi que les progrès de l'élève au quotidien.

## Procédure

Avant notre intervention, des réunions ont été menées avec les enseignants des classes ordinaires, les enseignants spécialisés, les auxiliaires de vie scolaire, les parents et les enfants. Le but était de présenter globalement notre procédure [Figure 4. Procédure de l'expérimentation expliquer l'importance d'utiliser d'adhérer à notre intervention sur outil numérique, et répondre à leurs questions. Nous avons également donné une démonstration de notre outil, en expliquant son fonctionnement. Dans un deuxième temps, nous avons de nouveau rencontré les familles pour créer/identifier les contenus idiosyncratiques afin de personnaliser les applications. Il a été demandé aux familles « une dizaine de photos et une vidéo courte qui apaise leur enfant. ». En général, une conversation s'engageait spontanément entre parents et enfant. Les photos sélectionnées faisaient pour la plupart référence à l'enfant, typiquement en vacances ou dans un environnement protégé (*e.g.* le domicile). Les vidéos ont pour la plupart été enregistrées spécifiquement pour notre étude. Elles présentent l'enfant s'adonnant à l'un de ses hobbies.

### *Tests pré-intervention et post-intervention*

Pour créer une ligne de base d'observation (pré-intervention), l'enseignant spécialisé de chaque participant a rempli un formulaire d'informations démographiques ainsi que les échelles d'adaptation du comportement en vie scolaire (EQCA-VS, [45]) et d'aptitudes sociale (SRS, [12]) sur la base de leurs observations et de leurs connaissances des participants. Les participants ont quant à eux complété le WISC-IV abrégé [23] ainsi que des tests neuropsychologiques liés aux mécanismes de ToM: fluence émotionnelle [22], conscience émotionnelle (LEAS-C, [63]), mémoire des visages immédiate (subtest NEPSY, [35]) et identification des émotions faciales (Ekman test, [13]). Les participants étaient ensuite observés durant leur inclusion en classe ordinaire (Français, Mathématiques, Histoire, Géographie, ou Biologie) durant deux semaines. Dans le contexte de notre intervention, chaque participant a été inclus dans une nouvelle matière, dans laquelle des situations nouvelles pouvaient se produire. Il s'agissait d'un cours d'une heure à raison d'une fois par semaine sur une période de

trois mois. Une auxiliaire de vie scolaire formée a accompagné chaque élève dans son inclusion et était préalablement entraînée à l'usage de nos applications pour jouer le rôle de support social à son utilisation auprès de l'élève.

Toutes les mesures post-intervention ont été récoltées dans les deux semaines suivant la fin des trois mois d'intervention. Tous les entretiens se sont déroulés au collège ou au domicile. Ils adressaient l'adaptation des comportements à la vie scolaire (EQCA), les aptitudes sociales (SRS) via l'interview des professeurs, et le fonctionnement sociocognitif (fluence émotionnelle, LEAS-C, subtest NEPSY, Eckman test). Les retours d'expérience de l'ensemble des parties prenantes ont été recueillis, ainsi que leur suggestion pour améliorer ce type d'intervention.

## Mesures

Deux types de mesure ont été récoltés afin de rendre compte des bénéfices liés à l'utilisation de nos applications. En effet, des mesures subjectives (réponses des professeurs à des questionnaires) ont été récoltées pour évaluer l'impact de l'intervention sur les comportements socio-adaptatifs et les aptitudes sociales à l'école. Et, des mesures objectives issues de l'évaluation neuropsychologique de chaque enfant renseignent le fonctionnement sociocognitif pré- et post-intervention.

### *Comportements sociaux-adaptatifs*

Pour mesurer les bénéfices en termes de comportements sociaux-adaptatifs, deux échelles ont été utilisées. L'enseignant de chaque classe spécialisée a complété les versions françaises des questionnaires Échelle des Comportements Adaptatifs-Version Scolaire (EQCA-VS, [45]) et Social Responsiveness Scale (SRS, [12]). Ces échelles sont particulièrement adaptées au milieu scolaire de par leur nature quantitative et leur dépendance aux observations des professeurs en environnement naturel.

L'EQCA-VS est une échelle mesurant les comportements sociaux-adaptatifs regroupés en 5 catégories : Communication (17 items), Socialisation (17 items), Autonomie (16 items), Habiletés Scolaires (25 items) et Loisirs (11 items). Chaque item désigne un comportement observable en environnement scolaire. La cotation est opérée comme suit : « 0 » si le comportement n'est pas observé ; « 1 » si le comportement est réalisé mais de façon partielle, avec l'aide ou sur sollicitation d'un aidant ; « 2 » si le comportement est réalisé en complète autonomie. Deux versions du questionnaire sont disponibles : une s'adresse aux parents et une aux enseignants. Cette dernière a été retenue pour notre étude.

### *Comportements sociaux-adaptatifs*

La SRS est une échelle qui mesure les limitations dans la réponse sociale. Un algorithme permet d'extraire des indicateurs concernant la conscience sociale (8 items), le traitement de l'information sociale (cognition, 12 items), les capacités de communication sociale réciproque (22 items), la motivation à la participation sociale (11 items) ainsi que les traits autistiques (*e.g.* stéréotypies, 12 items) peuvent être calculés. Elle comporte 65 items, faisant référence à un comportement social, côté de « 1 », « Pas vrai », à « 4 », « Presque toujours vrai ». Il est à noter que cette échelle mesure les *limitations* de la réponse sociale. En conséquence, un score de SRS important correspond à une réponse sociale déficitaire, tandis qu'un score faible correspond à une adaptation de la réponse sociale.

### *Fonctionnement sociocognitif*

Une batterie de 4 tests neuropsychologiques évaluant les processus liés à la ToM [3] a été utilisée afin d'évaluer le fonctionnement sociocognitif pré- et post-intervention des participants.

*Mémoire des visages immédiate (Subtest NEPSY, [35]).* Ce test comprend une série de 16 photographies de visages d'enfants normées non-émotionnellement connotés. Chaque photographie est présentée durant 5 secondes. Ensuite, chaque visage est de nouveau présenté à la personne évaluée, accompagné de deux autres visages inconnus. La consigne est la suivante : « Regarde ces trois photos. Tu as déjà vu un de ces enfants tout à l'heure. Montre moi celui que tu as vu tout à l'heure ». L'individu doit alors pointer le visage en question. Ainsi, un score maximum de 16 peut être obtenu.

*Identification des émotions faciales (Ekman test, [13]).* Ce test comporte 30 photographies normées de visages exprimant une des six émotions suivantes : joie, colère, peur, tristesse, surprise et dégoût. Chaque photographie est présentée pendant 5 secondes, puis il est demandé à la personne évaluée de désigner une des six émotions. Un entrainement présentant une occurrence de chaque émotion est effectué au préalable. Un score maximum de 30 peut être obtenu.

*Fluence Emotionnelle [22]*. Ce test mesure la capacité d'un individu à exprimer ses propres états émotionnels en mesurant l'accès à son lexique d'émotions. Pour ce faire, il est demandé à la personne de produire tous les mots désignant une émotion aussi vite que possible (en 2 minutes). Le score est le nombre de mots produit désignant correctement un état émotionnel.

*Conscience émotionnelle, version française (LEAS-C, [63]).* Ce test comprend 12 scenarii interpersonnels en environnement de vie quotidienne (une majorité en milieu scolaire). Chaque scénario, décrit brièvement, implique deux personnages. Il est demandé à la personne évaluée de décrire ses états émotionnels face à la situation décrite, ainsi que les états émotionnels de l'autre personnage. Cette distinction permet de dégager deux

sous-scores à la LEAS-C : la conscience émotionnelle de soi et celle d'autrui. Chaque scénario est sensé évoquer une des 4 émotions de base (*i.e.* joie, tristesse, colère, peur). Chacune est représentée 3 fois dans le test. La complexité de la réponse, évaluée en termes de nombre de mots et de richesse des formulations, est rapportée sur 5 niveaux, notés de 1 à 5. Les niveaux 1 et 2 concernent les réponses peu évocatrices d'un état émotionnel, ou n'indiquant pas spécifiquement une émotion (*e.g.* « J'aurais mal. »). Le niveau 3 concerne la formulation directe des émotions de base (*e.g.* « Je me sentirais triste. »). Le niveau 4 concerne les réponses dont la conscience émotionnelle est plus complexe (*e.g.* « Je me sentirais heureux mais peut-être un peu excité aussi. »). Enfin le niveau 5 implique une considération des états vis-à-vis de l'autre personnage (*e.g.* « Je me sentirais triste mais un peu heureux pour mon ami. »). Toute absence de réponse est notée 0, de même que les réponses inappropriées (*e.g.* « Je sentirais qu'elle l'a fait exprès. »). Les 12 scenarii ont été séparés en deux set de six scenarii, chacun couvrant les 4 émotions. Lorsqu'un set est présenté avant l'intervention, l'autre est utilisé après l'intervention, et vice-versa. Chaque scénario étant côté de 0 à 5, le score maximal pour chacun des sets de 6 scenarii est 30 dans notre étude.

Afin de pouvoir comparer les effets de l'intervention sur l'ensemble des tests neuropsychologiques, tous les scores bruts ont été transformés en scores standard (z-scores).

## Plan et traitements statistiques

Toutes les mesures dépendantes étaient numériques. Pour mesurer l'efficacité de notre intervention, trois MANOVA mixtes ont été réalisées avec deux facteurs intra-individuels et un facteur interindividuel. Pour chacune d'elles, le premier facteur intra-individuel était le Temps, il comportait deux modalités (pré- et post-intervention). Le facteur interindividuel était le Groupe, il comportait trois modalités (TSA équipés, TSA non-équipés et DI équipés). Enfin, le deuxième facteur intra-individuel correspond à l'habileté à l'étude : aptitudes à la vie scolaire (type de dimension à l'échelle EQCA-VS à 5 modalités: Communication, Socialisation, Autonomie, Habiletés scolaires, Loisirs), composantes de réponse sociale (type de dimension à la SRS à 5 modalités: Conscience, Cognition, Communication, Stéréotypie, Motivation) ou fonctionnement sociocognitif (type de mesure à 4 modalités : fluence, conscience émotionnelle, mémoire des visages immédiate, identification des émotions).

Si un effet d'interaction entre les trois facteurs (Temps * Groupe * mesure d'habileté) est rapporté, alors des analyses partielles (comparaisons sur le facteur Temps avec le test t de Student) pour chaque groupe de participants étaient conduites pour capturer les bénéfices de l'intervention sur chacune des mesures de l'habileté. Si un effet d'interaction entre deux facteurs (Temps * Groupe) est rapporté, alors des MANOVA partielles pour

chaque groupe de participants étaient réalisées pour capturer l'effet différentiel du facteur Temps chez les trois groupes sur l'ensemble des mesures d'une habileté.

Le logiciel SPSS-19 a été utilisé pour les analyses statistiques.

# Résultats

Dans un souci de clarté et de concision, les moyennes et les écarts-types, sur chaque mesure mesures des trois grands domaines d'habiletés, sont présentés en Annexe [Tableau 2]. Pour les mêmes raisons, nous présentons et discutons uniquement les résultats majeurs de notre étude. L'ensemble des effets obtenus grâce aux traitements statistiques est également rapporté en Annexe de l'article [Tableaux 3, 4, 5 et 6].

## Comportements socio-adaptatifs en milieu scolaire (échelle EQCA-VS) [**Figure 5. Scores obtenus à chaque dimension de l'échelle EQCA-VS pour chaque groupe (TSA équipés vs. TSA non-équipés vs. DI équipés) en pré- et post-intervention *Collège+*.**]

La MANOVA a révélé un effet de triple interaction significatif Temps * EQCA-VS * Groupe [$F(8,180)=3.20$ ; $p<.001$ ; $\eta^2=.066$], indiquant des résultats différents dans le temps selon les groupes et les sous-domaines de l'EQCA. Ce résultat nous permet de conduire des analyses complémentaires. Ici, nous utilisons donc une ANOVA à un facteur intra-individuel Temps à deux modalités (pré- et post-intervention) et un facteur interindividuel Groupe à une modalité sur chaque sous-domaine de l'EQCA-VS, pour chacun des trois groupes.

### Comparaisons

*Communication.* Les comparaisons n'ont révélé aucun effet significatif pour chacun des trois groupes.

*Socialisation.* Le test a révélé un effet Temps pour le groupe des TSA équipés [$t(13)=-2.35$ ; $p=.035$]. Aucun effet significatif n'est obtenu pour les deux autres groupes.

*Autonomie.* Les comparaisons n'ont révélé aucun effet significatif pour chacun des trois groupes.

*Habiletés Scolaires.* Le test a révélé un effet Temps pour le groupe des TSA équipés [$t(13)=-3.11$ ; $p=.008$]. Aucun effet significatif n'est obtenu pour les deux autres groupes.

*Loisirs.* Le test a révélé un effet Temps pour le groupe des TSA équipés [$t(13)=-2.18$ ; $p=.049$]. Aucun effet significatif n'est observé pour les deux autres groupes.

Ainsi, seul le groupe TSA équipés présente des performances augmentées en post-évaluation comparés aux deux autres groupes, et ce, sur les dimensions Socialisation, Habiletés scolaires et Loisirs.

## Adaptation de la réponse sociale en milieu scolaire (échelle SRS) [**Figure 6. Scores obtenus à chaque dimension de l'échelle SRS pour groupe de participants (TSA équipés vs. TSA non-équipés vs. DI équipés) en pré- et post-intervention *Collège+*.**]

La MANOVA a révélé deux effets significatifs d'interaction à deux facteurs : Temps * Groupe [F(2,45)=3.63 ; p=.034 ; $\eta^2$=.139] et Temps * SRS [F(4,180)=6.26 ; p<.001 ; $\eta^2$=.122]. Ces deux résultats sont complétés par des MANOVA partielles par groupe.

### MANOVA partielles

Quel que soit le groupe considéré, les MANOVA partielles ne révèlent pas d'effets significatifs du facteur Temps [TSA équipés : p> .150; DI équipés : p> .08; TSA non-équipés : p>.09]. En revanche, ces analyses révèlent pour le groupe TSA équipés ou TSA non-équipés un effet significatif de l'interaction Temps * SRS (respectivement, F(4,52)=2.82, p=.034, $\eta^2$=.178 ; F(4,56)=3.56, p=.012, $\eta^2$=.203). Des comparaisons *a posteriori* (t de Student) ont révélé un effet du Temps pour les TSA équipés [t(13)=2.19 ; p=.047] ainsi que pour les TSA non-équipés [t(14)= 2.99; p=.010] sur la dimension Motivation. De plus, un effet significatif du Temps est observé uniquement pour les TSA équipés [t(13)=2.46 ; p=.029] sur la dimension stéréotypie.

Ainsi, le groupe de DI ne présente aucunes améliorations significatives avec le temps sur chacune des dimensions de la SRS. À la différence, sur la dimension Stéréotypie, les TSA équipés présentent des performances augmentées en post-évaluation comparées aux deux autres groupes. En revanche, sur la dimension Motivation, les groupes TSA non-équipés et TSA équipés présentent tous deux une augmentation post-intervention de leur score.

## Fonctionnement sociocognitif (tests neuropsychologiques ToM) [**Figure 7. Scores obtenus à chaque test sociocognitif pour chaque groupe de participants (TSA équipés vs. TSA non-équipés vs. DI équipés) en pré- et post-intervention *Collège+*.**]

La MANOVA portant sur les scores standard de ces tests a révélé un effet d'interaction simple Temps * Groupe [F(2,45)=3.78 ; p=.030 ; $\eta^2$=.144]. Les MANOVA partielles révèlent un effet Temps pour le groupe des TSA équipés [F(1,13)=30.87 ; p<.001 ; $\eta^2$=.704] ainsi que pour le groupe DI équipés [F(1,18)=10.52 ; p=.005 ; $\eta^2$=.369]. En revanche, aucun effet significatif n'est observé pour le groupe des TSA non-équipés.

Au total, ces résultats indiquent que les TSA non-équipés ne présentent pas d'améliorations significatives au cours du temps. En revanche, les deux autres groupes équipés présentent des améliorations significatives dont la taille de l'effet est plus prononcée chez les TSA équipés comparé aux DI équipés.

# Discussion

À notre connaissance, aucune étude expérimentale n'a déployé et validé une technologie à la fois d'assistance et de remédiation à l'inclusion scolaire des enfants avec TSA en environnement ordinaire. Nous allons maintenant discuter les résultats précédents, qui présentent notamment des améliorations en termes d'adaptation du comportement en vie scolaire, de réponse sociale et du fonctionnement sociocognitif des enfants avec TSA qui étaient équipés des applications *Collège+*.

## Collège+ : une intervention efficace pour les enfants avec TSA en environnement scolaire ordinaire.

Les résultats de l'étude en environnement scolaire ordinaire suggèrent que les bénéfices obtenus en termes d'adaptation des comportements des enfants avec TSA sont liés à l'utilisation des applications Collège+ au sein même de cet environnement. En effet, au terme des trois mois d'intervention, seuls les enfants avec TSA équipés de Collège+ ont amélioré de manière significative leurs comportements comparés au groupe des TSA non-équipés sur le plan de la socialisation, des habiletés scolaires ainsi que des loisirs mesurés par l'échelle EQCA-VS. Ce résultat est en accord avec les résultats d'une étude préliminaire qui présente des améliorations dans la conduite de routines de classe et de routines communicationnelles en classe ordinaire auprès de 10 enfants avec TSA [15]. Aussi, l'observation de bénéfices élargis (socialisation, habilités scolaires et loisirs, 3 dimensions sur les 5 à l'étude) indique qu'une intervention globale alliant des aides compensatoires in situ et des entrainements ciblant la cognition sociale et le fonctionnement exécutif réduit efficacement la situation de handicap scolaire des élèves TSA. Pour autant, il faut noter que les difficultés liées à la communication et à l'autonomie n'ont pas été significativement modifiées par l'intervention *Collège+*. Plusieurs explications pourraient être avancées pour rendre compte de cette absence d'effet. D'abord, la durée courte de l'intervention (*i.e.* 3 mois) pourrait ne pas être suffisante pour obtenir des effets sur ces deux dimensions. Puis, le répertoire d'assistance et de remédiation porté par Collège + ne couvre pas tous les besoins en communication et autonomie à la vie scolaire. Par exemple, pour les applications de remédiation, des scripts sociaux [47] ou encore des scripts de résolution de situation problème [57] ciblant le milieu scolaire pourraient permettre d'entraîner plus en largeur les aptitudes de communication et d'autonomie.

Par ailleurs, les bénéfices de l'utilisation de *Collège+* ne sont pas rapportés pour les enfants avec DI. Ce résultat suggère une efficacité de *Collège+* spécifique aux enfants avec TSA sur le plan de l'assistance des comportements en environnement scolaire ordinaire. Il complète les résultats mitigés obtenus par Fage *et al.* sur la pertinence des prompteurs d'activités pour soutenir des enfants avec DI en classe ordinaire, notamment sur le plan des routines communicationnelles [16].

Sur le plan de la réponse sociale, deux résultats ont été obtenus dans notre étude (échelle SRS). Premièrement, sur le plan de la Motivation à la participation sociale, les deux groupes d'enfants avec TSA (*i.e.* équipés et non-équipés) ont amélioré de façon significative leurs comportements à la fin des trois mois d'inclusion en classe ordinaire. Ce résultat va dans le sens de la littérature, qui met l'accent sur les bénéfices de l'inclusion en environnement ordinaire en termes de participation sociale des enfants avec TSA [30]. En revanche, de tels bénéfices ne sont pas observés dans notre groupe d'enfants avec DI. Deuxièmement, sur le plan des Stéréotypies comportementales, seuls les enfants avec TSA qui étaient équipés des applications *Collège+* ont présenté une réduction significative de ces comportements à la fin de notre intervention. Ce résultat pourrait être liée à l'utilisation de l'application de régulation émotionnelle qui offre l'ubiquité des corégulations parentales aux élèves TSA, en sachant que ces dernières sont reconnues comme particulièrement efficaces pour contenir les états anxieux des enfants TSA [25]. Cette réduction des stéréotypies peut être également rapproché de l'idée selon laquelle le contenu structuré et prédictible des applications numériques réduit la teneur anxiogène des milieux ordinaire pour les enfants TSA [27]. Par contre, nous n'obtenons pas de diminution significative sur les dimensions Communication, Cognition et Conscience. Les mêmes raisons évoquées plus haut pourraient en être l'explication : durée de l'intervention et spectre d'action des applications compensatoires et remédiationnelles. Notons aussi, que l'absence d'amélioration sur les différentes dimensions de la réponse sociale pour les élèves avec DI va dans le sens de la littérature, compte tenu du fait que de tels comportements, généralement associés aux TSA, sont beaucoup plus rares chez les enfants avec DI [6].

Concernant le fonctionnement sociocognitif, notre étude révèle également des bénéfices pour les participants équipés des applications *Collège+*. En effet, à la fin de l'intervention, les groupes avec TSA et avec DI ont vu leurs performances améliorées de façon significative sur les indices de ToM incluant la mémoire des visages, l'identification des émotions faciales, le lexique émotionnel et la conscience émotionnelle de soi et autrui. Les enfants avec TSA n'ayant pas suivi l'entrainement *Collège+* ont quant à eux vu leurs performances inchangées statistiquement. Plus précisément, l'effet de l'entrainement aux processus de ToM était plus puissant pour les enfants avec TSA ($\eta^2$=.704) que pour les enfants avec DI ($\eta^2$=.369).

## Une approche systémique pour des bénéfices globaux

Les bénéfices des approches systémiques pour la prise en charge des enfants avec TSA a été mise en avant à travers de nombreuses études [49]. Notre intervention a démontré que de telles approches peuvent également être adaptées aux environnements de vie quotidienne (*e.g.* l'environnement scolaire) grâce aux possibilités offertes par les supports technologiques. Comme proposé dans les interventions telles que Lovaas ou TEACCH,

Collège+ a impliqué une collaboration étroite entre les familles et les équipes pédagogiques afin de proposer des contenus personnalisés à chaque enfant [39, 50].

De plus, notre étude expérimentale a eu un résultat global positif sur les établissements scolaires participants sur le plan de l'inclusion. Notre intervention a permis à certains enfants, identifiés auparavant comme « non-adaptés à une inclusion en classe ordinaire » par les équipes pédagogiques, de bénéficier de cette inclusion avec parfois une adaptation de leurs comportements et un gain d'autonomie spectaculaire au sein de la classe. Cette situation a résulté en l'augmentation de leur temps d'inclusion et la participation à d'autres cours en classe ordinaire pour certains participants.

### Limites et perspectives

Concernant la durée d'expérimentation, trois mois d'inclusion à raison de 1h/semaine pour valider une intervention basée sur une technologie représente un temps très court. Aussi les bénéfices enregistrés, tant sur le plan des comportements que du fonctionnement cognitif, suggèrent que la solution *Collège+* est pertinente pour favoriser l'inclusion des enfants avec TSA. Un suivi longitudinal, à 6 mois et à 9 mois par exemple, permettrait de consolider ces résultats et d'évaluer les effets pérennes des assistances en classe (*i.e.* maintien de l'adaptation des comportements dans le temps) ainsi que des améliorations sur le fonctionnement sociocognitif des enfants équipés (sur les processus de ToM).

Pour explorer plus avant les pistes ouvertes par notre approche, une direction intéressante serait d'ajouter des contenus par la création de nouvelles routines, pour couvrir autant de tâches que possibles dans l'environnement scolaire. Aussi, un enrichissement des contenus des applications de réhabilitation pourrait permettre d'accroitre les bénéfices en termes de fonctionnement sociocognitif.

## Conclusion

Cette étude présente une intervention basée sur un ensemble d'applications numériques, *Collège+*, pour favoriser l'inclusion des enfants avec TSA en environnement scolaire ordinaire. Ces applications de nature compensatoire et remédiationnelle pour la cognition sociale ont été utilisées durant 3 mois par 33 enfants (14 enfants avec TSA et 19 enfants avec DI) de classes spécialisées pendant leur primo-inclusion en classe ordinaire au collège. 15 enfants avec TSA, non-équipés des applications, participaient également à l'étude en tant que groupe témoin ; le groupe d'enfants avec DI a permis de vérifier dans quelle mesure les bénéfices observés étaient spécifiques à la population cible (les TSA) ou communs avec une autre population (les DI).

Les enfants avec TSA équipés des applications ont présenté des améliorations sur trois domaines des comportements socio-adaptatifs (la socialisation, les habiletés scolaires et les loisirs), deux domaines de la réponse sociale (la motivation et les stéréotypies) et sur un ensemble de quatre tests neuropsychologiques évaluant les processus de ToM. Les enfants avec DI équipés des applications ont également vu leurs performances augmentées sur ces tests à la fin des trois mois d'intervention.

Grâce à une approche globale, basée à la fois sur une assistance *in situ* et un entrainement des processus sociocognitifs qui sous-tendent la cognition sociale, l'intervention de trois mois basée sur les applications *Collège+* a permis aux participants avec TSA d'être plus inclus dans les classes ordinaires pour leur permettre une participation sociale. L'ensemble de ces résultats est prometteur et supporte l'intérêt d'intégrer les outils numériques dans les interventions thérapeutiques et compensatoires ciblant la cognition sociale auprès d'enfants avec TSA.

## Bibliographie


1. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV-TR®. 1000 Wilson Boulevard, Suite 1825, Arlington: American Psychiatric Pub; 2000.

2. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders : DSM-V. 1000 Wilson Boulevard, Suite 1825, Arlington: American Psychiatric Pub; 2013.

3. Baron-Cohen S, Leslie AM, Frith U. Does the autistic child have a "theory of mind"? Cognition. 1985;21(1):37–46.

4. Baron-Cohen S. Theory of mind and autism: A review. International review of research in mental retardation: Autism. 2001;23:169–84.

5. Ben-Avie M, Newton D, Reichow B. Using Handheld Applications to Improve the Transitions of Students with Autism Spectrum Disorders. In IGI Global; 2014. p. 105–24.

6. Benson BA, Fuchs C. Anger-arousing situations and coping responses of aggressive adults with intellectual disability. Journal of Intellectual and Developmental Disability. 1999;24(3):207–14.

7. Bernard-Opitz V, Sriram N, Sapuan S. Enhancing vocal imitations in children with autism using the IBM speech viewer. Autism. 1999;3(2):131–47.

8. Carr D, Felce J. Brief report: Increase in production of spoken words in some children with autism after PECS teaching to phase III. Journal of Autism and Developmental Disorders. 2007;37(4):780–7.

9. Charman T, Baron-Cohen S, Swettenham J, Baird G, Cox A, Drew A. Testing joint attention, imitation, and play as infancy precursors to language and theory of mind. Cognitive development. 2000;15(4):481–98.

10. Charman T. Editorial Preface. Journal of autism and developmental disorders. 2004;34(4):365–6.

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

12. Constantino JN, Davis SA, Todd RD, Schindler MK, Gross MM, Brophy SL, et al. Validation of a brief quantitative measure of autistic traits: comparison of the social responsiveness scale with the autism diagnostic interview-revised. Journal of autism and developmental disorders. 2003;33(4):427–33.

13. Eckman P. Universal and cultural differences in facial expression of emotion. In: Nebraska symposium on motivation. University of Nebraska Press Lincoln; 1972. p. 207–84.

14. Escobedo L, Nguyen DH, Boyd L, Hirano S, Rangel A, Garcia-Rosas D, et al. MOSOCO: a mobile assistive tool to support children with autism practicing social skills in real-life situations. In: Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems. ACM; 2012. p. 2589–98.

15. Fage C, Pommereau L, Consel C, Balland É, Sauzéon H. Tablet-based activity schedule for children with autism in mainstream environment. In: Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility. ACM; 2014. p. 145–52.

16. Fage C, Pommereau L, Consel C, Balland É, Sauzéon H. Tablet-based activity schedule in mainstream environment for children with autism and children with ID. Transactions on Accessible Computing. 2015;

17. Fuentes J, Bakare M, Munir K, Aguayo P, Gaddour N, Öner Ö, et al. Troubles du Spectre Autistique. In: Manuel de la IACAPAP pour la Santé Mentale de l'Enfant et de l'Adolescent. International Association for Child and Adolescent Psychiatry and Allied Professions; 2012.

18. Gentry T, Wallace J, Kvarfordt C, Lynch KB. Personal digital assistants as cognitive aids for high school students with autism: results of a community-based trial. Journal of Vocational Rehabilitation. 2010;32(2):101–7.

19. Gepner B, Deruelle C, Grynfeltt S. Motion and emotion: A novel approach to the study of face processing by young autistic children. Journal of autism and developmental disorders. 2001;31(1):37–45.

20. Golan O, Baron-Cohen S. Systemizing empathy: Teaching adults with Asperger syndrome or high-functioning autism to recognize complex emotions using interactive multimedia. Development and psychopathology. 2006;18(02):591–617.

21. Goldsmith TR, LeBlanc LA. Use of technology in interventions for children with autism. Journal of Early and Intensive Behavior Intervention. 2004;1(2):166.

22. Greenberg MT, Kusche CA, Cook ET, Quamma JP. Promoting emotional competence in school-aged children: The effects of the PATHS curriculum. Development and psychopathology. 1995;7(01):117–36.

23. Grégoire J. L'évaluation clinique de l'intelligence de l'enfant: Théorie et pratique du WISC-III. Editions Mardaga; 2000.

24. Grynszpan O, Weiss PLT, Perez-Diaz F, Gal E. Innovative technology-based interventions for autism spectrum disorders: a meta-analysis. Autism. 2014;18(4):346–61.

25. Gulsrud AC, Jahromi LB, Kasari C. The co-regulation of emotions between mothers and their children with autism. Journal of autism and developmental disorders. 2010;40(2):227–37.

26. Haute Autorité de Santé. Autisme et autres troubles envahissants du développement. État des connaissances hors mécanismes physiopathologiques, psychopathologiques et recherche fondamentale. Mars. 2010;

27. Hayes GR, Hirano S, Marcu G, Monibi M, Nguyen DH, Yeganyan M. Interactive visual supports for children with autism. Personal and ubiquitous computing. 2010;14(7):663–80.

28. Hirano SH, Yeganyan MT, Marcu G, Nguyen DH, Boyd LA, Hayes GR. 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. ACM; 2010. p. 1633–42.

29. Ho BP, Stephenson J, Carter M. Cognitive–behavioural approach for children with autism spectrum disorder: A literature review. Journal of Intellectual and Developmental Disability. 2015;40(2):213–29.

30. Hunt P, McDonnell J. Inclusive education. Guilford Publications New York; 2007. 269–291 p.

31. Jackson R. Inclusion or segregation for children with an intellectual impairment: What does the research say. Queensland Parents for People with a Disability. 2008;1–29.

32. Jahromi LB, Bryce CI, Swanson J. The importance of self-regulation for the school and peer engagement of children with high-functioning autism. Research in Autism Spectrum Disorders. 2013;7(2):235–46.

33. Kampe KK, Frith CD, Frith U. "Hey John": signals conveying communicative intention toward the self activate brain regions associated with "mentalizing," regardless of modality. The Journal of neuroscience. 2003;23(12):5258–63.

34. Karkhaneh M, Clark B, Ospina MB, Seida JC, Smith V, Hartling L. Social Stories™ to improve social skills in children with autism spectrum disorder: a systematic review. Autism. 2010;1362361310373057.

35. Korkman M. NEPSY-An adaptation of Luria's investigation for young children. The Clinical Neuropsychologist. 1988;2(4):375–92.

36. Leaf JB, Leaf R, McEachin J, Taubman M, Ala'i-Rosales S, Ross RK, et al. Applied Behavior Analysis is a Science and, Therefore, Progressive. Journal of autism and developmental disorders. 2015;1–12.

37. Liss M, Harel B, Fein D, Allen D, Dunn M, Feinstein C, et al. Predictors and correlates of adaptive functioning in children with developmental disorders. Journal of autism and developmental disorders. 2001;31(2):219–30.

38. Lord C, Rutter M, Le Couteur A. Autism Diagnostic Interview-Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. Journal of autism and developmental disorders. 1994;24(5):659–85.

39. Lovaas OI. Behavioral treatment and normal educational and intellectual functioning in young autistic children. Journal of consulting and clinical psychology. 1987;55(1):3.

40. McClannahan LE, Krantz PJ. Activity Schedules For Children With Autism: Teaching Independent Behavior. Woodbine House; 1999.

41. McCurdy EE, Cole CL. Use of a Peer Support Intervention for Promoting Academic Engagement of Students with Autism in General Education Settings. Journal of autism and developmental disorders. 2013;44(4):1–11.

42. Mechling LC. 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. 2007;42(3):252–69.

43. Ministère de l'Éducation Nationale. Scolariser les élèves autistes. Futuroscope, FRA: Direction générale de l'enseignement scolaire; 2009.

44. Ministère de l'Éducation Nationale. Troisième Plan Autisme. Ministère de l'Éducation Nationale; 2012.

45. Ministère de l'Éducation Nationale. Tablettes tactiles : retours d'expérimentations et portentialités pédagogiques [Internet]. 2015 [cited 2015 Jun 18]. Available from: http://eduscol.education.fr/cid71927/tablettes-tactiles-retours-d-experimentations-et-potentialites-pedagogiques.html#haut

46. Morin D, Maurice P. Élaboration de la version scolaire de l'Échelle Québécoise de Comportements Adaptatifs (ÉQCA-VS). Revue francophone de la déficience intellectuelle. 2001;

47. Nikopoulos CK, Keenan M. Using video modeling to teach complex social sequences to children with autism. Journal of Autism and Developmental Disorders. 2007;37(4):678–93.

48. Organisation Mondiale de la Santé. Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé. Paris: CTNERHI. 2002;

49. Ospina MB, Krebs Seida J, Clark B, Karkhaneh M, Hartling L, Tjosvold L, et al. Behavioural and developmental interventions for autism spectrum disorder: a clinical systematic review. PloS one. 2008;3(11):e3755.

50. Panerai S, Ferrante L, Zingale M. Benefits of the Treatment and Education of Autistic and Communication Handicapped Children (TEACCH) programme as compared with a non-specific approach. Journal of intellectual disability research. 2002;46(4):318–27.

51. Ploog BO, Scharf A, Nelson D, Brooks PJ. 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. 2013;43(2):301–22.

52. Prado C. Le coût économique et social de l'autisme. Droit, Déontologie & Soin. 2013;13(1):46–50.

53. Ramdoss S, Lang R, Mulloy A, Franco J, O'Reilly M, Didden R, et al. Use of computer-based interventions to teach communication skills to children with autism spectrum disorders: A systematic review. Journal of Behavioral Education. 2011;20(1):55–76.

54. Reichow B. Overview of meta-analyses on early intensive behavioral intervention for young children with autism spectrum disorders. Journal of autism and developmental disorders. 2012;42(4):512–20.

55. Rogé B. Autisme, comprendre et agir-3ème édition-Santé, éducation, insertion: Santé, éducation, insertion. Dunod; 2015.

56. Sansosti FJ, Powell-Smith KA. Using computer-presented social stories and video models to increase the social communication skills of children with high-functioning autism spectrum disorders. Journal of Positive Behavior Interventions. 2008;10(3):162–78.

57. Seltzer MM, Abbeduto L, Krauss MW, Greenberg J, Swe A. Comparison groups in autism family research: Down syndrome, fragile X syndrome, and schizophrenia. Journal of Autism and Developmental Disorders. 2004;34(1):41–8.

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

59. Stephenson J, Limbrick L. A review of the use of touch-screen mobile devices by people with developmental disabilities. Journal of autism and developmental disorders. 2013;1–15.

60. Swettenham J. Can children with autism be taught to understand false belief using computers? Journal of Child Psychology and Psychiatry. 1996;37(2):157–65.

61. Tardif C, Lainé F, Rodriguez M, Gepner B. Slowing down presentation of facial movements and vocal sounds enhances facial expression recognition and induces facial–vocal imitation in children with autism. Journal of Autism and Developmental Disorders. 2007;37(8):1469–84.

62. Veirman E, Brouwers SA, Fontaine JR. The assessment of emotional awareness in children: Validation of the Levels of Emotional Awareness Scale for Children. European Journal of Psychological Assessment. 2011;27(4):265.

63. Wechsler D. Wechsler intelligence scale for children–Fourth Edition (WISC-IV). San Antonio, TX: The Psychological Corporation. 2003;

64. Yeargin-Allsopp M, Boyle C, Brown K, Trevathan E. Neurodevelopmetal disabilities in infancy and childhood. In: Capute A, Accardo P, editors. Paul H. Brooks; 2008.

## Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement le Ministère de l'Éducation Nationale ainsi que la Fondation Orange pour avoir financé ce projet et permis cette expérimentation. De plus, nous remercions chaleureusement l'ensemble des participants, leurs familles et les équipes pédagogiques des établissements scolaires pour leur participation active et leur énergie communicative.

**Figure 1. Écran d'accueil du package Collège+**

**Figure 2. Exemple d'interface de prompteur d'activité**

**Figure 3. Application de remédiation du focus attentionnel**

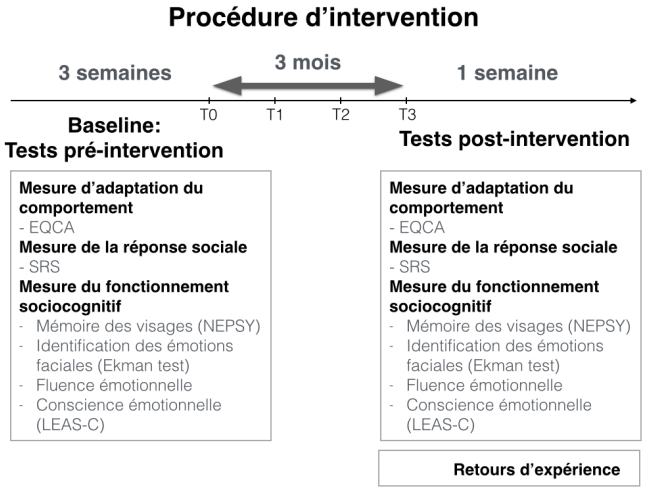



**Figure 4. Procédure de l'expérimentation**

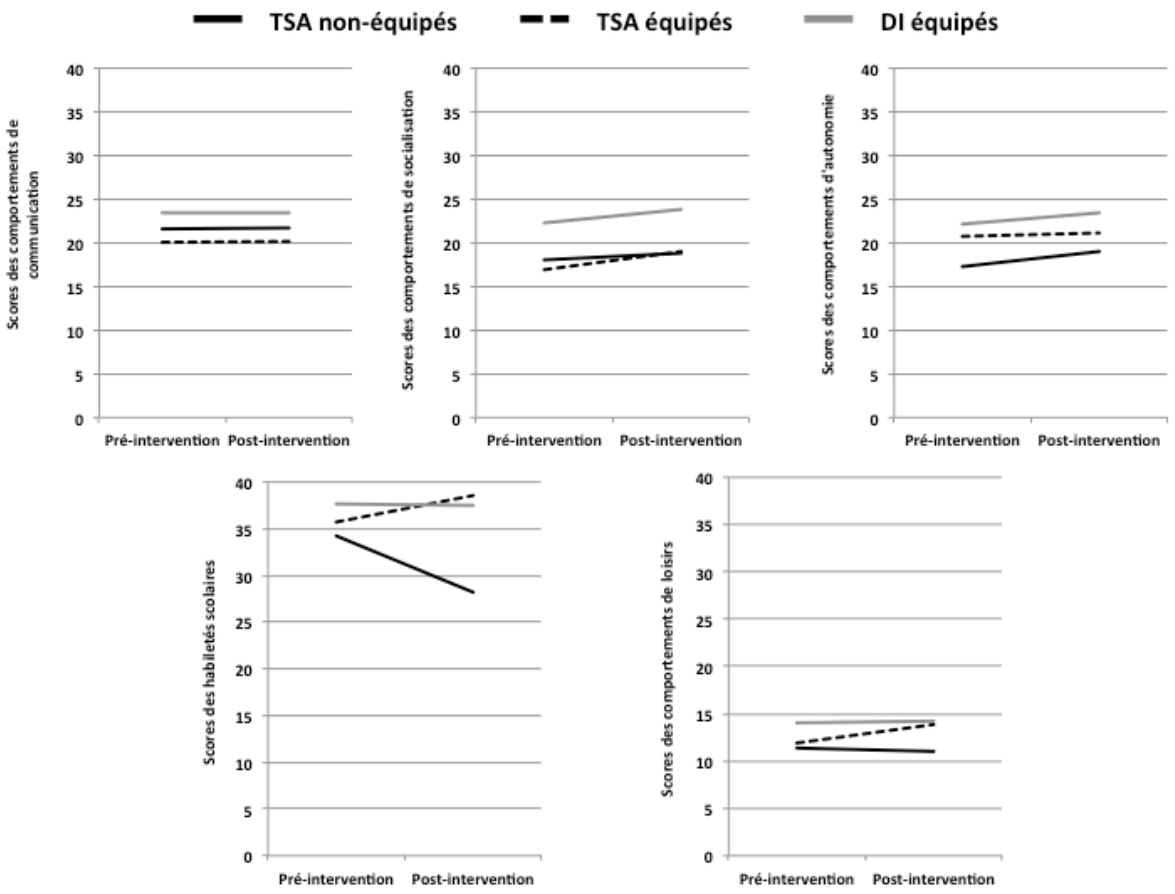



**Figure 5. Scores obtenus à chaque dimension de l'échelle EQCA-VS pour chaque groupe (TSA équipés vs. TSA non-équipés vs. DI équipés) en pré- et post-intervention *Collège+*.**

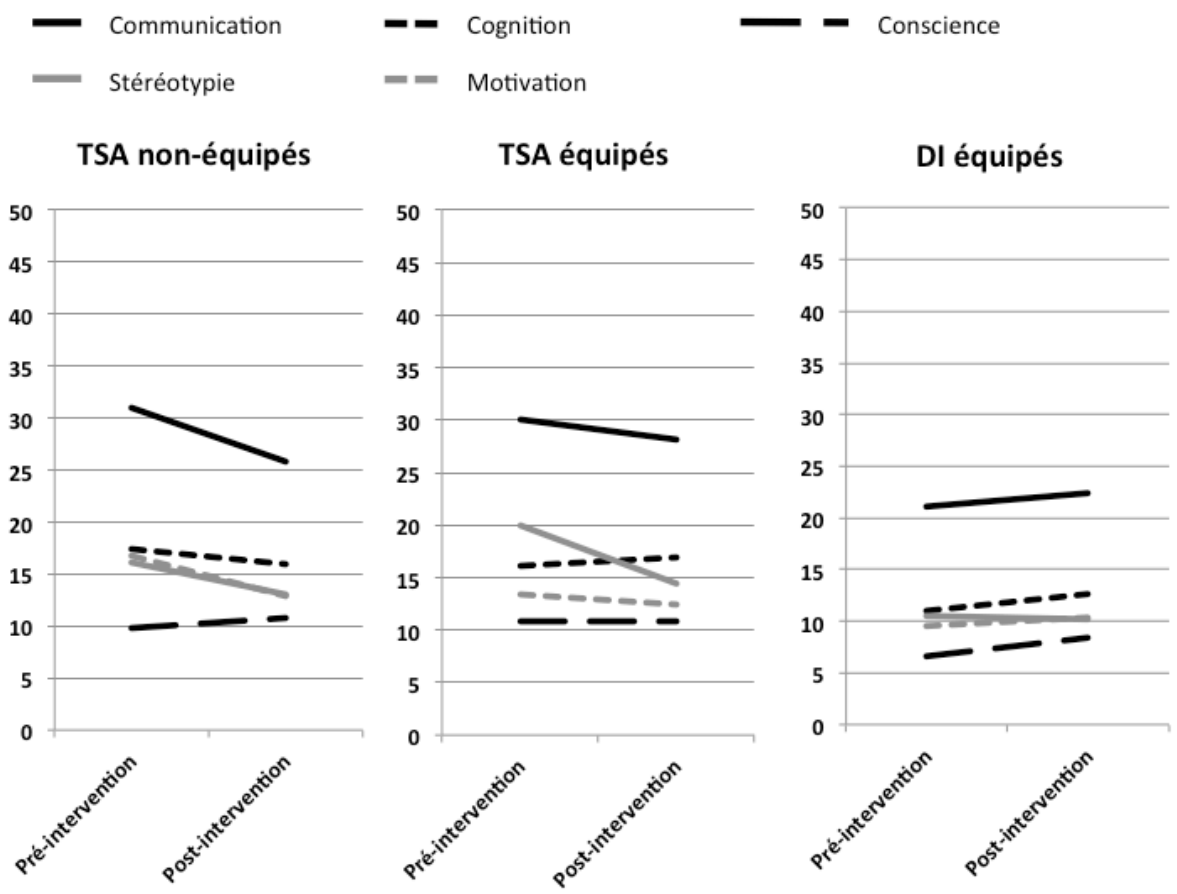



**Figure 6. Scores obtenus à chaque dimension de l'échelle SRS pour groupe de participants (TSA équipés vs. TSA non-équipés vs. DI équipés) en pré- et post-intervention *Collège+*.**

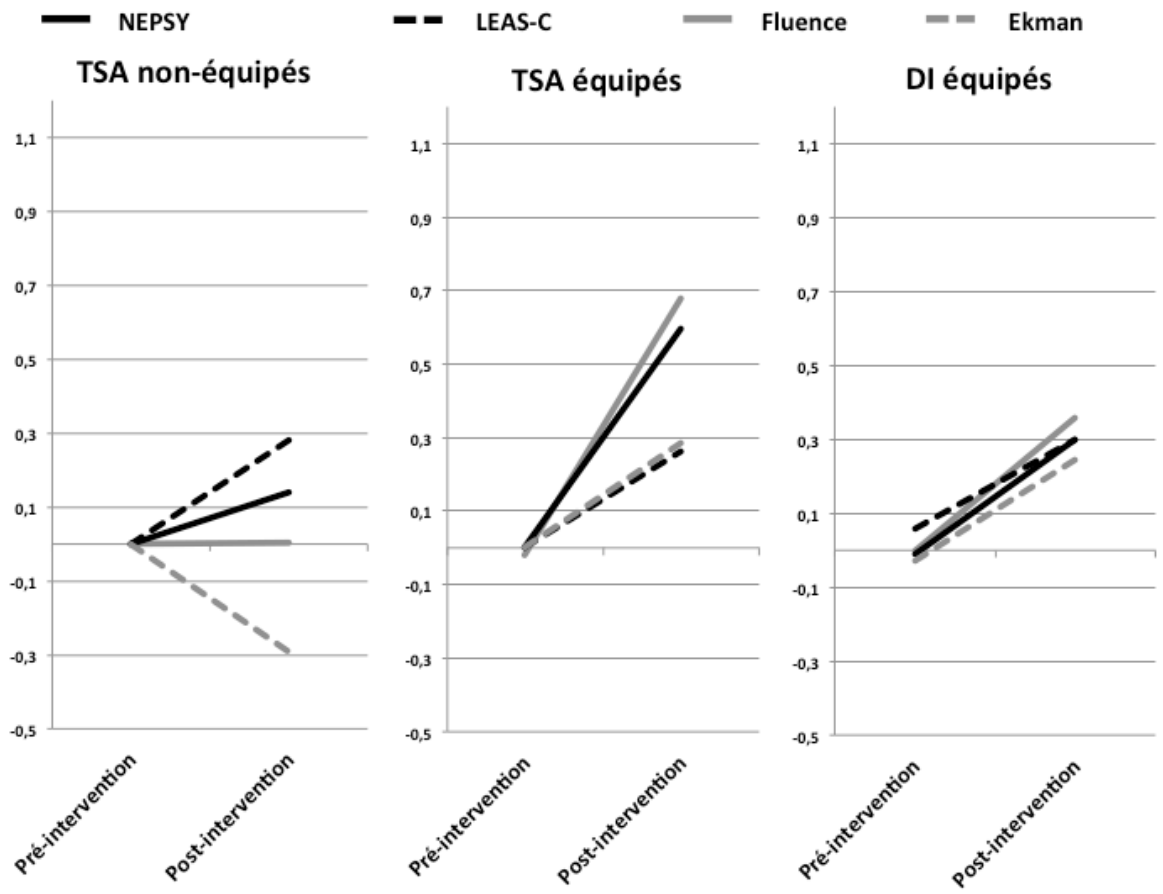



**Figure 7. Scores obtenus à chaque test sociocognitif pour chaque groupe de participants (TSA équipés vs. TSA non-équipés vs. DI équipés) en pré- et post-intervention *Collège+*.**

| | TSA équipés | DI équipés | TSA non-équipés | p |
|---|---|---|---|---|
| **Age (ET)** | 14.26 (.26) | 14.23 (.29) | 14.16 (.43) | .977 |
| **QI (ET)** | 69.07 (8.19) | 60.53 (4.50) | 71.13 (8.51) | .495 |

**Tableau I. Caractéristiques des participants**

| Habileté mesurée | Sous-domaine | Temps | Groupe TSA non-équipés | Groupe TSA équipés | Groupe DI équipés |
|---|---|---|---|---|---|
| Adaptation Scolaire | Communication | Pré-intervention | M=21.60 σ=9.44 | M=20.07 σ=10.86 | M=23.84 σ=9.08 |
| | | Post-intervention | M=21.80 σ=7.47 | M=20.14 σ=10.73 | M=23.84 σ=9.08 |
| | Socialisation | Pré-intervention | M=18.00 σ=8.85 | M=16.93 σ=10.22 | M=23.21 σ=9.47 |
| | | Post-intervention | M=18.73 σ=7.53 | M=19.00 σ=11.24 | M=24.68 σ=9.72 |
| | Autonomie | Pré-intervention | M=17.20 σ=7.78 | M=20.71 σ=7.49 | M=22.84 σ=8.61 |
| | | Post-intervention | M=19.00 σ=5.96 | M=21.07 σ=9.60 | M=24.05 σ=7.90 |
| | Habiletés Scolaires | Pré-intervention | M=34.20 σ=14.40 | M=35.71 σ=8.82 | M=38.05 σ=11.16 |
| | | Post-intervention | M=28.20 σ=12.98 | M=38.64 σ=10.32 | M=37.89 σ=10.79 |
| | Loisirs | Pré-intervention | M=11.40 σ=6.19 | M=11.86 σ=5.45 | M=14.47 σ=6.70 |
| | | Post-intervention | M=11.00 σ=3.82 | M=13.79 σ=6.75 | M=14.68 σ=6.66 |
| Réponse Sociale | Communication | Pré-intervention | M=30.93 σ=13.18 | M=30.00 σ=12.84 | M=20.05 σ=10.05 |
| | | Post-intervention | M=25.73 σ=8.79 | M=28.14 σ=12.38 | M=21.42 σ=11.15 |
| | Cognition | Pré-intervention | M=17.47 σ=8.15 | M=16.07 σ=8.65 | M=10.00 σ=7.67 |
| | | Post-intervention | M=15.93 σ=5.80 | M=16.93 σ=9.19 | M=11.74 σ=6.95 |
| | Conscience | Pré-intervention | M=9.80 σ=5.00 | M=10.86 σ=5.63 | M=5.84 σ=4.18 |
| | | Post-intervention | M=10.80 σ=2.81 | M=10.79 σ=5.29 | M=7.68 σ=4.18 |
| | Motivation | Pré-intervention | M=16.73 σ=6.47 | M=13.43 σ=4.82 | M=8.89 σ=5.35 |
| | | Post-intervention | M=12.87 σ=4.24 | M=12.43 σ=5.14 | M=9.74 σ=5.59 |
| | Stéréotypie | Pré-intervention | M=16.13 σ=6.83 | M=19.93 σ=14.04 | M=9.53 σ=7.78 |
| | | Post-intervention | M=13.00 σ=7.58 | M=14.43 σ=10.11 | M=9.16 σ=6.97 |
| Fonctionnement Sociocognitif | Fluence émotionnelle | Pré-intervention | M=.00 σ=1.00 | M=-.01 σ=1.03 | M=.01 σ=1.02 |
| | | Post-intervention | M=.00 σ=.89 | M=.68 σ=1.03 | M=.38 σ=.82 |
| | Conscience émotionnelle | Pré-intervention | M=.00 σ=1.00 | M=.00 σ=.96 | M=-.05 σ=1.00 |
| | | Post-intervention | M=.28 σ=.68 | M=.26 σ=1.25 | M=.28 σ=.86 |
| | Mémoire des visages | Pré-intervention | M=.00 σ=1.00 | M=.00 σ=.96 | M=-.00 σ=.97 |
| | | Post-intervention | M=.14 σ=.87 | M=.60 σ=.90 | M=.36 σ=.98 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Identification des émotions faciales | Pré-intervention | M=.00<br>σ=1.00 | M=.00<br>σ=.96 | M=-.05<br>σ=1.00 |
| | | Post-intervention | M=-.29<br>σ=.90 | M=.28<br>σ=.82 | M=.25<br>σ=1.03 |

**Tableau II. Récapitulatif des moyennes et écart-types des trois habiletés mesurées.**

| Habileté Mesurée | MANOVA globales | | | | | | t de Student si interaction *Temps* x *Mesure* x *Groupe* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Effet *Temps*** | **Effet *Mesure*** | **Interaction *Temps* x *Groupe*** | **Interaction *Mesure* x *Groupe*** | **Interaction *Temps* x *Mesure*** | **Interaction *Temps* x *Mesure* x *Groupe*** | |
| Adaptation Scolaire | F(1,45)=.83<br>p=.369<br>$\eta^2$=.018 | F(4,180)=152.78<br>p<.001<br>$\eta^2$=.772 | F(2,45)=1.70<br>p=.194<br>$\eta^2$=.070 | F(8,180)=1.94<br>p=.056<br>$\eta^2$=.079 | F(4,180)=3.20<br>p=.014<br>$\eta^2$=.066 | F(8,180)=4.34<br>p<.001<br>$\eta^2$=.162 | Voir Tab IV |
| Réponse Sociale | F(1,45)=2.80<br>p=.101<br>$\eta^2$=.059 | F(4,180)=104<br>p<.001<br>$\eta^2$=.698 | F(2,45)=3.63<br>p=.034<br>$\eta^2$=.139 | F(4,180)=1.34<br>p=.228<br>$\eta^2$=.056 | F(4,180)=6.26<br>p<.001<br>$\eta^2$=.122 | F(8,180)=1.81<br>p=.078<br>$\eta^2$=.074 | - |
| Fonctionnement sociocognitif | F(1,45)=19.06<br>p<.001<br>$\eta^2$=.298 | F(3,135)=.68<br>p=.567<br>$\eta^2$=.015 | F(2,45)=3.78<br>p=.030<br>$\eta^2$=.144 | F(6,135)=.30<br>p=.935<br>$\eta^2$=.013 | F(3,135)=1.43<br>p=.237<br>$\eta^2$=.031 | F(6,135)=.93<br>p=.478<br>$\eta^2$=.040 | - |

**Tableau III. Récapitulatif des effets des MANOVA globales pour les trois habiletés mesurées.**

| Sous-domaine EQCA | Groupe TSA non-équipés | Groupe ASD équipés | Groupe ID équipés |
|---|---|---|---|
| **Communication** | t(14)=-.146<br>p=.886 | t(13)=-1.00<br>p=.336 | t(18)=<br>p= |
| **Socialisation** | t(14)=-.416<br>p=.684 | t(13)=-2.354<br>p=.035 | t(18)=-1.527<br>p=.144 |
| **Autonomie** | t(14)=-1.304<br>p=.213 | t(13)=-.324<br>p=.751 | t(18)=-1.985<br>p=.063 |
| **Habiletés scolaires** | t(14)=2.064<br>p=.058 | t(13)=-3.114<br>p=.008 | t(18)=.232<br>p=.819 |
| **Loisirs** | t(14)=.282<br>p=.782 | t(13)=-2.176<br>p=.049 | t(18)=-.809<br>p=.429 |

**Tableau IV. Récapitulatif des effets de t de Student pour les sous-domaines de la mesure d'adaptation scolaire (EQCA-VS).**

| Habileté Mesurée | Groupe | MANOVA partielles | | | t de Student si interaction *Temps* x *Mesure* x *Groupe* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Effet *Temps*** | **Effet *Mesure*** | **Interaction *Temps* x *Mesure*** | |
| **Réponse Sociale (SRS)** | TSA non-équipés | F(1,14)=3.20<br>p=.095<br>$\eta^2$=.186 | F(4,56)=44.10<br>p<.001<br>$\eta^2$=.759 | F(4,56)=3.56<br>p=.012<br>$\eta^2$=.203 | Voir Tab VI |
| | TSA équipés | F(1,13)=2.11<br>p=.170<br>$\eta^2$=.139 | F(4,52)=28.06<br>p<.001<br>$\eta^2$=.683 | F(4,52)=2.82<br>p=.034<br>$\eta^2$=.178 | Voir Tab VI |
| | DI équipés | F(1,18)=3.30<br>p=.086<br>$\eta^2$=.155 | F(4,72)=34.78<br>p<.001<br>$\eta^2$=.659 | F(4,72)=1.68<br>p=.165<br>$\eta^2$=.085 | - |
| **Fonctionnement sociocognitif (Tests neuro-psychologiques)** | TSA non-équipés | F(1,14)=.06<br>p=.808<br>$\eta^2$=.004 | F(3,42)=.83<br>p=.486<br>$\eta^2$=.056 | F(3,42)=1.77<br>p=.168<br>$\eta^2$=.112 | - |
| | TSA équipés | F(1,13)=30.89<br>p<.001<br>$\eta^2$=.704 | F(3,39)=.54<br>p=.655<br>$\eta^2$=.040 | F(3,39)=1.35<br>p=.272<br>$\eta^2$=.094 | - |
| | DI équipés | F(1,18)=10.52<br>p=.005<br>$\eta^2$=.369 | F(3,54)=.10<br>p=.959<br>$\eta^2$=.006 | F(3,54)=.04<br>p=.989<br>$\eta^2$=.002 | - |

**Tableau V. Récapitulatifs des MANOVA partielles pour les deux mesures d'habiletés de réponse sociale et fonctionnement sociocognitif.**

| Sous-domaine SRS | Groupe TSA non-équipés | Groupe ASD équipés |
|---|---|---|
| **Communication** | t(14)=1.809<br>p=.092 | t(13)=.809<br>p=.433 |
| **Cognition** | t(14)=1.06<br>p=.307 | t(13)=-5.545<br>p=.595 |
| **Conscience** | t(14)=-.885<br>p=.391 | t(13)=.072<br>p=.944 |
| **Motivation** | t(14)=2.988<br>p=.010 | t(13)=2.188<br>p=.047 |
| **Stéréotypie** | t(14)=1.752<br>p=.102 | t(13)=2.463<br>p=.029 |

**Tableau VI. Récapitulatifs des effets des t de Student pour les sous-domaines de la mesure de réponse sociale (SRS).**

## Abstract

School inclusion of children with Autism Spectrum Disorders (ASD) in mainstream classrooms remains dramatically limited in France, even though it has been recognized as critical for socio-professional perspectives. In fact, the atypical cognitive functioning, associated with socio-adaptive behavior difficulties (communication, social skills, autonomy, *etc.*), are usually confronted to normalized expectations in these mainstream environments, such as schools. New technologies can be seen as promising levers to overcome the barriers of school inclusion. However, despite a plethoric offer of technologies for children with ASD, scientific studies are lacking to establish their efficacy, as well as the relevance of their design.

This work presents the design and validation of mobile applications to support school inclusion of children with ASD in mainstream classrooms through three studies. The first study presents design principles for assistive applications addressing school routines and verbal communication activities of children with ASD; these applications are to be used *in situ*. Combining a user-centered approach and pilot clinical research, the second study presents design principles and experimental validation of an emotion regulation application targeting children with ASD in mainstream classroom. The results reveal benefits on self-regulation behaviors, as well as underpinning socio-cognitive processes. Finally, in across-syndrome approach, the third study presents the results of a global intervention, based on cognitive assistive and rehabilitation applications, involving 48 children and supporting the first inclusion in mainstream classrooms of children with ASD and children without ASD (with Intellectual Disabilities or learning disabilities). Benefits are reported for both equipped groups in terms of socio-adaptive behaviors, social response and socio-cognitive functioning. Larger benefits have been observed for equipped children with ASD, revealing the relevance of *Collège+* intervention for this population.

A systemic approach to designing and experimenting mobile applications allowed for improvements in socio-adaptive behaviors and socio-cognitive functioning, crucial for the success of mainstream school inclusion. Such approach seems promising to support school inclusion of children with ASD in mainstream classrooms, and offers broad perspectives by enriching contents, designing new applications as well as experimenting validation methodologies for mainstream environments.



**Keywords:** *Autism Spectrum Disorders, Mobile technology-based intervention, Activity schedules, cognitive rehabilitation, school inclusion, emotion regulation intervention*

**Résumé**

Bien que reconnue comme critique pour le devenir socio-professionnel des enfants avec Troubles du Spectre Autistique (TSA), l'inclusion scolaire en classe ordinaire demeure en France peu accessible pour ce public . En effet, le fonctionnement cognitif atypique associé aux limitations des comportements socio-adaptatifs (communication, socialisation, autonomie *etc.*), se heurte bien souvent aux conditions normées des milieux ordinaires tels que l'école. Les nouvelles technologies sont aujourd'hui pressenties comme leviers prometteurs pour surmonter ces barrières à l'inclusion scolaire. Cependant, malgré un marché pléthorique de technologies ciblant les TSA, les études scientifiques manquent pour statuer sur leur efficacité mais aussi sur les fondements mêmes de leur conception.

Ce travail présente la conception et la validation d'applications mobiles pour l'inclusion scolaire d'enfants avec TSA en classe ordinaire au travers de trois études. Dans une approche centrée-utilisateur, l'Étude 1 présente des principes de conception d'applications d'assistance aux activités de classe et activités communicationnelles des enfants avec TSA pour une utilisation *in situ*. Dans une approche centrée utilisateur et de recherche clinique pilote, l'Étude 2 présente les principes de conception et la validation expérimentale d'une application d'assistance à la régulation émotionnelle des enfants TSA en classe ordinaire. Les résultats indiquent des bénéfices sur les comportements d'auto-régulation ainsi que sur les processus sociocognitifs sous-jacents. Enfin, dans une approche cross-syndromes, l'Étude 3 présente les résultats d'une intervention globale reposant sur des applications d'assistance et de remédiation cognitives (dispositif *Collège+*) déployées auprès de 48 enfants et visant à soutenir la primo-inclusion en classe ordinaire d'enfants avec TSA et d'enfants non TSA (avec Déficiences intellectuelles ou troubles globaux de l'apprentissage). Des bénéfices sont rapportés pour tous les enfants équipés en termes de comportements socio-adaptatifs, de réponse sociale et de fonctionnement sociocognitif. Aussi, de plus larges bénéfices sont observés pour les enfants TSA révélant ainsi la pertinence de l'intervention *Collège+* pour le public avec TSA.

En conclusion, un approche systémique dans la conception et l'expérimentation d'applications mobiles a permis des améliorations dans l'adaptation des comportements et du fonctionnement socio-cognitif, cruciaux dans la réussite d'une inclusion scolaire en classe ordinaire. Cette approche semble donc prometteuse pour soutenir l'inclusion scolaire en milieu ordinaire des enfants avec TSA, et offre de larges perspectives de travail, tant sur l'enrichissement des contenus, la conception de nouvelles applications que des méthodes de validation expérimentale.

**Mots clefs :** *Troubles du Spectre Autistique, Intervention sur technologie mobile, prompteurs d'activités, remédiation cognitive, inclusion scolaire, intervention pour la régulation émotionnelle*

Laboratoire HACS – 146, Rue Léo Saignat – 33000 Bordeaux – France