

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LES PRÉDICTEURS ET CORRÉLATS DE L'INTELLIGENCE EN AUTISME :
UNE ÉTUDE LONGITUDINALE

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR

DOMINIQUE GIRARD

MAI 2022

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Au moment d'écrire ces lignes, je me situe déjà de l'autre côté de l'océan, prête à débiter ma prochaine aventure : un postdoctorat! Alors que je rêve de cette nouvelle étape de ma vie depuis quelques années maintenant, je ne peux m'empêcher de ressentir une certaine nostalgie vis-à-vis de ce beau parcours doctoral, aux mille détours, qui prendra bientôt fin. L'aboutissement de cette thèse a été possible grâce à vous, que je pourrais appeler coauteurs de ce processus.

D'abord, je tiens à remercier généreusement ma directrice, Isabelle. Mon arrivée dans l'équipe du labo IDEA fut pour le moins impromptue. Merci pour ta confiance, ton ouverture et ton accueil chaleureux. Je me considère sincèrement choyée d'avoir pu apprendre et évoluer aux côtés d'une personne aussi inspirante, humaine et intègre que toi. Tu as su me transmettre ta curiosité et ta passion pour la recherche. Je me sens maintenant outillée pour me lancer dans le monde académique avec assurance et enthousiasme! Merci pour tout!

À toute l'équipe du labo IDEA et compagnie, quelle chance d'avoir pu faire partie d'une équipe aussi dynamique et passionnée! Vous m'avez toutes et tous marquée à votre manière. Je garde de bons souvenirs de nos multiples rencontres, séances d'étude, soirées et voyages. De l'UQAM à HRDP, d'Ahuntsic à Verdun, de vraies amitiés se sont créées et perdurent! Une mention spéciale à Camille et Janie pour votre rigueur et votre sens de l'organisation inégalés! L'article Mullen-Vineland n'aurait jamais vu le jour sans votre contribution. Catherine C-P, quelle chance d'avoir appris à connaître la personne inspirante, passionnée et motivée tu es! Eliane et Alexis, nous avons fait ce parcours côte à côte. Merci pour tous ces moments où on a parlé de la thèse, mais aussi (et surtout!) pour tous les moments où on n'en a pas parlé. À Valérie C, merci

énormément pour ton soutien et tout le dévouement que tu as mis dans ce projet de recherche. Tu as été pour moi un précieux guide qui m'a aidée à naviguer ce projet à bon port.

Valérie B-G, je tiens aussi à t'exprimer ma profonde gratitude pour ton rôle de mentor dans ce parcours doctoral. Que ce soit dans ton rôle d'enseignante ou de chercheuse, merci de m'avoir prise sous ton aile et de m'avoir autant transmis. Tu es une source d'inspiration qui va bien au-delà de tout ce qui entoure le contexte académique. Merci pour ta générosité, ta profondeur, ta créativité et ta sincérité.

Mes amis et amies, merci pour votre soutien et votre écoute. Merci aussi pour tous ces beaux moments que nous avons partagés au cours des dernières années. Un merci tout particulier à Gabrielle et Kim, mes amies de toujours, ainsi qu'à Irene et Jana, mes amies d'outre-mer, je suis heureuse de vous avoir dans ma vie.

À mes parents, merci de croire en moi et en mes rêves! Merci de m'avoir permis de me dépasser et d'avoir toujours été là pour moi. Merci pour votre gentillesse et votre générosité intarissable. Si j'ose m'aventurer encore un peu plus haut, sans peur de tomber, c'est que je sais que vous serez toujours là pour m'attraper. À Béatrice, ma petite sœur et ma grande artiste. Que ce soit à travers ton amour pour la danse, l'art et l'architecture, tu me rappelle sans cesse l'importance de s'émerveiller devant la beauté de la vie. Je suis si reconnaissante de la belle relation et de la complicité que nous entretenons. Ma famille, je vous aime!

Finalement, un merci infini à Maxime, mon amoureux. Je me sens sincèrement choyée d'avoir pu partager au quotidien ce parcours doctoral avec toi. Ensemble, nous avons évolué à travers les beaux et les moins beaux moments de ce marathon! Aujourd'hui, les portes de notre avenir sont grandes ouvertes et je suis impatiente de faire le saut avec toi! Je t'aime!

À toutes les familles qui ont participé à ce projet. À vous qui avez accepté de vous prêter au jeu de la recherche!

"Contemplée du rivage, la mer donne ensemble l'idée d'infini et de limite. La mer ne finit pas à la ligne précise et toujours mobile de l'horizon. Elle a au loin d'autres rives, semblables à celle que j'ai sous les yeux, là où, tout près, l'infini de la mer s'achève. "

- *Thierry Hentsch*

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES TABLEAUX.....	xii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	xiv
RÉSUMÉ.....	xvii
ABSTRACT	xix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I CONTEXTE THÉORIQUE.....	2
1.1 Le trouble du spectre de l'autisme.....	2
1.1.1 Historique, définition et prévalence.....	2
1.1.2 Théories explicatives du trouble du spectre de l'autisme.....	8
1.2 L'intelligence.....	17
1.2.1 Évolution de concept de l'intelligence	17
1.2.2 La mesure	19
1.3 Une autre intelligence en autisme.....	25
1.3.1 La prévalence de la déficience intellectuelle en autisme.....	26
1.3.2 Les défis de l'évaluation intellectuelle liés au phénotype autistique.....	27
1.3.3 L'évaluation de l'intelligence en autisme : L'importance de l'outil de mesure.....	28
1.3.4 Trajectoires du développement intellectuel en autisme.....	31
1.4 Les habiletés perceptives comme prédicteur de l'intelligence en autisme.....	35
1.4.1 Le rôle important de la perception dans la cognition en autisme	35
1.4.2 La perception comme corrélat de l'intelligence	39
1.5 Objectifs et hypothèses de recherche	41

1.5.1	Article 1 : Assessing global developmental delay across instruments in minimally verbal preschool autistic children: the importance of a multi-method and multi-informant approach	42
1.5.2	Article 2 : Trajectories and perceptual precursors of intelligence in minimally verbal autistic children from preschool to school age.....	43
1.6	Survol de la méthodologie commune aux deux articles de la thèse	44
1.6.1	Participants	44
1.6.1.1	Groupe TSA	44
1.6.1.2	Groupe neurotypique.....	45
1.6.2	Procédure	45
1.6.2.1	Phase 1	45
1.6.2.2	Phases 2 et 3.....	47
CHAPITRE II.....		48
Article 1 : Assessing global developmental delay across instruments in minimally verbal preschool autistic children : the importance of a multi-method and multi-informant approach		48
2.1	Abstract.....	49
2.2	Introduction	50
2.3	Methods	55
2.3.1	Participants	55
2.3.2	Materials and procedure	56
2.3.3	Analyses.....	58
2.4	Results	59
2.4.1	Comparing the cognitive and adaptive levels and profiles of preschool autistic children on MSEL and VABS relative to the profiles observed in NT children.....	59
2.4.2	Comparing the cognitive and adaptive profiles of preschool autistic children 1) with both MSEL and VABS ≥ 70 , 2) with MSEL < 70 but VABS ≥ 70 , and 3) with both MSEL and VABS < 70 , e.g., GDD	63
2.5	Discussion.....	67
2.5.1	Relationship between cognitive and adaptive levels	68
2.5.2	Cognitive and adaptive profiles.....	70
2.5.3	Proportion of autistic children with GDD	72
2.5.4	Comparison of the cognitive and adaptive levels in the three autistic subgroups.....	72
2.5.5	Limitations and future directions.....	73

2.6 Acknowledgements	75
2.7 References	76
2.8 Supplementary material.....	88
CHAPITRE III Trajectories and perceptual precursors of intelligence in minimally verbal autistic children from preschool to school age.....	89
3.1 Abstract.....	90
3.2 Introduction	91
3.3 Objectives	94
3.4 Methods	94
3.4.1 Participants	94
3.4.2 Measures.....	95
3.4.3 Community involvement statement.....	99
3.4.4 Procedure	99
3.4.5 Preliminary analyses.....	99
3.4.6 Analytic strategy.....	100
3.5 Results	102
3.5.1 Preliminary analyses.....	102
3.5.2 Main analyses	103
3.5.3 Limitations and contributions.....	115
3.6 Conclusion.....	116
3.7 Acknowledgements	116
3.8 References	117
3.9 Supplementary material.....	130
CHAPITRE IV Discussion et conclusion	133
4.1 Résumé des objectifs de recherche.....	133
4.2 Résumé des principaux résultats	134
4.2.1 Documenter le lien entre les niveaux et profils cognitif et adaptatif chez les enfants autistes et neurotypiques	134
4.2.2 Comparaison des niveaux et profils cognitifs et adaptatifs au sein de sous-groupes d'enfants autistes.....	135
4.2.3 Identification d'indicateurs précoces et prédicteurs perceptifs de l'intelligence générale chez les enfants autistes	135
4.3 Discussion générale	136

4.3.1	Habiletés verbales et intelligence en autisme : deux poids, deux mesures 136	136
4.3.2	Le rôle particulier de la perception au sein de la cognition.....	138
4.3.3	Les modèles cognitifs en autisme : quels liens peut-on établir?.....	142
4.3.4	La méthode : les outils adéquats pour évaluer l'intelligence autistique?	144
4.3.5	Remise en question de la place de la déficience intellectuelle en autisme 146	146
4.4	Implication des résultats au plan clinique	147
4.4.1	L'importance du choix de l'outil de mesure pour l'évaluation des habiletés intellectuelles	147
4.4.2	Utilisation différente des forces perceptives.....	148
4.4.3	Favoriser la manipulation du matériel et l'accessibilité à l'ensemble de l'information.....	149
4.4.4	Diversifier les sources d'information et les méthodes.....	151
4.5	Limites de la thèse et perspectives futures	152
4.5.1	Les conditions de l'évaluation intellectuelle	152
4.5.2	Absence d'un groupe clinique de comparaison.....	154
4.5.3	La variabilité en autisme.....	154
4.5.4	Explorer les autres modalités perceptives.....	156
4.5.5	Une étude longitudinale à plus long terme	156
	CONCLUSION.....	158
	ANNEXE A Autres publications durant le doctorat	159
	BIBLIOGRAPHIE	161

LISTE DES FIGURES

	Page
CHAPITRE 1	
1.1 Exemple d'un item à la tâche de recherche visuelle.....	23
1.2 Exemple d'un item à la tâche du CEFT.....	24
CHAPITRE 2	
2.1 Distribution of autistic and NT children on adaptive behaviors and cognitive measures.....	60
2.2 Cognitive profiles (mean standard scores and SD) of autistic and NT children on MSEL.....	62
2.3 Adaptive profile (mean standard scores and SD) of autistic and NT children on VABS.....	63
2.4 Cognitive profile (mean standard scores and SD) of subgroups of autistic children.	64
2.5 Adaptive profile (mean standard scores and SD) of subgroups of autistic children.	67
CHAPITRE 3	
3.1 Yearly growth in FSIQ level (percentiles) according to response time (s) on Visual Search in the whole sample.....	106
3.2 Yearly growth in FSIQ level (percentiles) according to performance on CEFT in the whole sample	106

3.3	Yearly growth in NVIQ level (percentiles) according to response time (s) on Visual Search.....	110
3.4	Yearly growth in NVIQ level (percentiles) according to performance on CEFT in the whole sample	111
3.5	Yearly growth in NVIQ level (percentiles) according to frequency (#/hour) of perceptual explorations.....	113

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE 2

2.1	Family sociodemographic information.....	57
2.2	Mean standard scores and SD on MSEL and VABS for the autistic and NT groups.	61
2.3	Mean standard scores and SD on the MSEL and VABS subscales for the three autistic subgroups	65

Matériel Supplémentaire

S2.1	Mean scores and SD on ADOS-G and ADOS-2 in the autistic group	88
------	---------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE 3

3.1	Children sociodemographic characteristics	96
3.2	Growth models of FSIQ level.....	103
3.3	Final model FSIQ trajectory with predictors	105
3.4	Growth models of NVIQ level	108
3.5	Final model NVIQ level trajectories with predictors	109

Matériel Supplémentaire

S3.1	Description of missing data	130
S3.2	Descriptive statistics and p values for intergroup differences	131

S3.3 Correlations among cognitive level and covariates 132

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

APA : American psychiatric association

AS: Autism spectrum

ASD: Autism spectrum disorder

CCR : Cohérence centrale réduite

CEFT : Children embedded figure test

CHC : Cattell-Horn-Carroll

CIRR : Comportements et intérêts restreints et répétitifs

DSC : Déclencheur seuil cible

DSM : Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux

FSIQ: Full Scale IQ

GDD: Global developmental delay

ID: Intellectual delay

MLM: Multilevel modeling

MLR: Robust full information likelihood

MSEL : Mullen scales of early learning

NT : Neurotypical

NVIQ : Non-verbal IQ

TSA : Trouble du spectre de l'autisme

RCPM : Raven's coloured progressive matrices

RRBI : Restricted and repetitive behaviors and interests

SES : Socioeconomic status

T1 : Time 1

T2 : Time 2

T3 : Time 3

SP : Surfonctionnement perceptif

QI : Quotient intellectuel

VABS : Vineland adaptive behavior scales

VS: Visual search

WAIS : Wechsler adult intelligence scales

WASI : Wechsler abbreviated intelligence scales

WISC : Wechsler intelligence scale for children

WPPSI : Wechsler preschool and primary scales of intelligence

RÉSUMÉ

La plupart des enfants autistes à l'âge préscolaire sont minimalement verbaux, signifiant qu'ils ne parlent pas ou très peu. Il est donc plus difficile de statuer sur leur niveau intellectuel. La majorité des mesures de l'intelligence utilisées auprès des enfants autistes requièrent de fournir des réponses verbales ou de comprendre des consignes qui sont données verbalement et s'appuient sur un modèle développemental cognitif ainsi que des normes neurotypiques. Ainsi, les enfants autistes minimalement verbaux sont souvent exclus des études, faute de pouvoir mener l'évaluation, ou alors obtiennent des performances généralement très faibles aux tests conventionnels. L'objectif principal de la thèse était de déterminer les prédicteurs et corrélats de l'intelligence en autisme, afin de pouvoir contourner les difficultés liées à l'évaluation intellectuelle et de pouvoir estimer le plein potentiel de ces enfants.

La première étude de la thèse visait à examiner l'impact du choix de l'outil sur la performance de 64 enfants autistes et 73 enfants neurotypiques à l'âge préscolaire (28-69 mois). Plus précisément, nous avons cherché à (a) comparer les niveaux et profils cognitifs et adaptatifs des enfants autistes d'âge préscolaire sur deux outils largement utilisés (MSEL et VABS) par rapport aux profils observés chez les enfants neurotypiques, (b) comparer les profils cognitifs et adaptatifs des enfants autistes d'âge préscolaire 1) avec à la fois MSEL et VABS ≥ 70 , 2) avec MSEL < 70 , mais VABS ≥ 70 , et 3) avec à la fois MSEL et VABS < 70 . Les résultats montrent qu'une évaluation basée sur le MSEL uniquement pourrait mener à une sous-estimation du potentiel intellectuel chez les enfants autistes. En revanche, en tenant compte des performances globales ainsi que des habiletés reflétées aux sous-échelles au MSEL et au VABS, le pourcentage de comorbidité est beaucoup plus faible et représentatif de ce qui est généralement retrouvé chez des enfants autistes plus vieux.

La deuxième étude de la thèse visait à (a) explorer les trajectoires du développement intellectuel et de raisonnement fluide chez les autistes et neurotypiques, de l'âge préscolaire à l'âge scolaire; (b) examiner si certaines capacités perceptives ou certains comportements d'explorations perceptives, mesurés à l'âge préscolaire, peuvent prédire le niveau intellectuel et de raisonnement fluide à l'âge scolaire; (c) explorer si ces prédicteurs perceptifs sont spécifiques à l'autisme ou partagés avec le groupe neurotypique. 41 enfants autistes et 57 enfants neurotypiques ont été suivis entre l'âge de 2 et 8 ans. La performance à des tâches perceptives (tâche de recherche visuelle,

tâche de figures enchevêtrées) ainsi que la fréquence de comportements d'explorations perceptives ont été mesurées et utilisées comme variables prédictrices du niveau intellectuel général (WPPSI-IV) et des habiletés non verbales (Matrices de Raven) à l'âge scolaire. Les résultats suggèrent qu'une performance supérieure à des tâches perceptives à l'âge préscolaire prédit le niveau intellectuel général à l'âge scolaire dans les deux groupes. De plus, la fréquence des comportements et la performance aux tâches perceptives prédisent tous les habiletés non verbales à l'âge scolaire chez les enfants autistes, alors que seulement la performance à la tâche des figures enchevêtrées prédit les habiletés non verbales à l'âge scolaire chez les neurotypiques.

Dans l'ensemble, nos résultats soutiennent le rôle important de la perception au sein de la cognition autistique et que des indices perceptifs, mesurés tôt dans le développement, constitueraient une avenue prometteuse pour estimer le potentiel intellectuel des enfants autistes, particulièrement les enfants minimalement verbaux.

Mots clés : autisme, intelligence, minimalement verbaux, perception, trajectoire développementale

ABSTRACT

Most autistic preschoolers are minimally verbal, meaning they speak few or no words. It is therefore more difficult to decide on their intellectual level. The majority of intellectual measures used with autistic children require providing verbal responses or understanding instructions that are given verbally and are based on a neurotypical cognitive developmental model as well as neurotypical norms. Thus, minimally verbal autistic children are often excluded from studies because they cannot carry out the assessment, or else generally perform very poorly on conventional tests. The main objective of the thesis was to determine the predictors and correlates of intelligence in autism, in order to be able to bypass the difficulties associated with intellectual evaluation and to estimate the full potential of these children.

The first study of the thesis aimed to examine the impact of the choice of tools on the performance of 64 children with autism and 73 neurotypical children at preschool age (28-69 months). More specifically, we sought to (a) compare the cognitive and adaptive levels and profiles of preschool children with autism on two widely used tools (MSEL and VABS) compared to the profiles observed in neurotypical children (b) compare the cognitive and adaptive profiles of preschoolers with autism, 1) with both MSEL and VABS ≥ 70 , 2) with MSEL <70 but VABS ≥ 70 , and 3) with both MSEL and VABS <70 . The results show that an assessment based on MSEL alone could lead to an underestimation of intellectual potential in children with autism. In comparison, taking into account the overall performance as well as the skills reflected on the MSEL and VABS subscales, the percentage of children considered having a cognitive delay is much lower and representative of what is generally found in older children with autism.

The second study of the thesis aimed to (a) explore the trajectories of intellectual development and fluid reasoning in autistic and neurotypical people, from preschool to school age; (b) examine whether certain perceptual abilities or perceptual explorations measured at preschool age, can predict the level of intellectual and fluent reasoning at school age; (c) explore whether these perceptual predictors are specific to autism or shared with the neurotypical group. 41 autistic children and 57 neurotypical children were followed between the ages of 2 and 8 years. Perceptual task performance (visual search task tangled figure task) as well as the frequency of perceptual exploration behaviors were measured and used as a predictor variable of general intellectual level (WPPSI-IV) and non-verbal skills (Raven's Matrices) at school age. The results suggest

that higher performance on perceptual tasks at preschool age predicted general intellectual level at school age in both groups. In addition, behavioral frequency and perceptual task performance all predict non-verbal skills at school age in autistic children, while only embedded figure task performance predicts non-verbal skills at school age in neurotypicals.

Overall, our results support the important role of perception within autistic cognition and that perceptual cues, measured early in development, would be a promising avenue for estimating the intellectual potential of children with autism, particularly minimally verbal children.

Keywords : autism, developmental trajectory, intelligence, minimally verbal, perception

INTRODUCTION

Le trouble du spectre de l'autisme (TSA) se caractérise par des difficultés en communication et pour les interactions sociales, ainsi que par la présence de comportements et intérêts restreints et répétitifs (CIRR). Lors de l'évaluation diagnostique, les niveaux intellectuel et langagier doivent aussi être spécifiés, car cela permet de situer l'enfant sur un continuum de difficultés (APA, 2013). Cependant, les enfants autistes suivent des trajectoires développementales atypiques. Il est donc difficile de se baser sur le niveau intellectuel de l'enfant à l'âge préscolaire pour prédire le potentiel de l'enfant à l'âge scolaire. À l'âge du diagnostic, ces enfants sont souvent considérés comme peu fonctionnels (Hobson, 2004). Pourtant, une grande partie d'entre eux développeront le langage et auront un potentiel cognitif dans la normale une fois rendus à l'âge scolaire (Charman et al., 2011). Comment alors prédire quelle sera l'évolution du potentiel cognitif de chacun de ces enfants et les objectifs appropriés pour leurs apprentissages ? Les recherches actuelles ont identifié un profil cognitif particulier chez les enfants autistes : une force dans les habiletés perceptives et une faiblesse en langage (Nader, Jelenic, & Soulières, 2015). Ces forces au niveau perceptif, ainsi que certains CIRR associés à la perception visuelle, seraient reliés à un potentiel intellectuel plus élevé en autisme (Bartak & Rutter, 1976; Kim & Lord, 2010; Militerni, Bravaccio, Falco, Fico, & Palermo, 2002). Cependant, à ce jour, les prédicteurs de l'intelligence ne sont pas clairement définis chez les enfants autistes d'âge préscolaire, soit l'âge du diagnostic.

CHAPITRE I

CONTEXTE THÉORIQUE

1.1 Le trouble du spectre de l'autisme

1.1.1 Historique, définition et prévalence

1.1.1.1 Les premières études descriptives

Le terme « autisme » remonte au début du 20^e siècle et a été employé pour la première fois par Bleuler (1911) dans le but de décrire les difficultés de communication et le repli sur soi de patients schizophrènes. Ce terme est une combinaison des mots grecs autos (soi) et ismos (état ou action). À cette époque, la définition du terme « autisme » était encore très large et était utilisée pour décrire la condition de tout adulte socialement retiré et introverti. En 1920, Sukhareva a tenté de mieux caractériser le terme autisme introduit par Bleuler à l'aide de ses observations cliniques. Dans un article publié en allemand en 1926 (puis traduit en anglais par Wolff en 1996), elle y a décrit cinq enfants tous caractérisés par une tendance à l'introversion, mais se démarquant dans divers domaines (p.ex., talents particuliers pour la musique, mémoire exceptionnelle pour les chiffres) (Sukhareva & Wolff, 1996). Avant même l'arrivée de la neuroimagerie, elle a émis l'hypothèse que l'autisme est lié à un développement cérébral atypique. Un peu plus tard, aux Pays-Bas, Frye a rédigé un livre décrivant sept enfants autistes qu'elle a supervisés au Paedological Institute à Nimègue (Frye, 1968). Parmi eux, Siem démontrait des difficultés sur le plan des interactions sociales et un

besoin de constance dans son environnement. Il avait été référé au Paedological Institute à Nimègue pour difficultés d'apprentissage et retard intellectuel. Pourtant, une fois adapté à son nouveau milieu, Siem se serait montré capable de connecter socialement avec les autres enfants. Au bout de quelques années, il a quitté l'institut pour une école régulière et y a gradué en tant que meilleur élève de sa classe.

Dans les années 1930, Georg Frankl et Anni Weiss, un couple de médecins travaillant à une clinique similaire à celle de Sukhareva, ont écrit plusieurs rapports cliniques décrivant en détail des enfants partageant des caractéristiques liées à l'autisme (p.ex., retirés socialement, présentant des atypies du langage, démontrant un intérêt particulier pour certains objets ou certaines routines, présentant une discordance entre les expressions faciales, le langage corporel et le langage). De plus, Weiss a décrit une intelligence cachée chez ces enfants, malgré des fixations, ainsi que des difficultés de langage. Pendant la montée du mouvement nazi, le couple a trouvé refuge aux États-Unis, avec l'aide de nul autre que Leo Kanner. Frankl a ensuite collaboré avec Kanner, leurs travaux portant sur les difficultés de communication chez les jeunes enfants. Les deux chercheurs se sont probablement influencés dans leurs conceptualisations de l'autisme (Robison, 2016). Cependant, Kanner (1943) a été le premier des deux à parler d'autisme dans un journal américain dans son article « Autistic Disturbances of Affective Contact ». C'est ainsi que le terme autisme est devenu associé au nom de Kanner en Amérique du Nord. Dans son rapport, Kanner a décrit les caractéristiques particulières de 11 enfants ayant un bon potentiel intellectuel et une mémoire extraordinaire, qui se distinguent des autres cas psychiatriques décrits dans la littérature. Kanner a relevé trois caractéristiques importantes partagées par ces enfants : 1) une tendance à l'isolement, 2) des difficultés au niveau du langage (retard ou inhabilité à parler) et 3) un besoin obsessif d'immuabilité. En 1944, Hans Asperger a décrit quatre cas cliniques partageant des caractéristiques similaires avec les enfants étudiés par Kanner (Asperger, 1944). Cependant, les cas d'Asperger se distinguent de ceux de Kanner par le fait qu'ils parlent plus tôt, ont plus de problèmes de comportements de

type oppositionnel et tendent à canaliser leurs intérêts vers des sujets abstraits. Kanner et Asperger ont tous les deux observé certaines ressemblances entre l'autisme et la schizophrénie, par exemple le caractère bizarre de certains comportements, la tendance à l'isolement et les comportements stéréotypés. Asperger a d'ailleurs suggéré un partage de certains aspects génétiques entre l'autisme et la schizophrénie. Cependant, Kanner a distingué les deux diagnostics par l'absence d'une période de développement normal avant l'apparition des symptômes et par la relation intelligente des enfants avec les objets. Toutefois, l'autisme a continué d'être considéré comme une forme de schizophrénie infantile jusqu'à la fin des années 70.

1.1.1.1.1 L'évolution du diagnostic d'autisme à travers le temps

C'est avec la publication du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM)-III que le diagnostic d'autisme infantile (puis trouble autistique dans le DSM-III-R) apparaît pour la première fois comme diagnostic distinct de la schizophrénie infantile (APA, 1980, 1987). Le diagnostic y est alors décrit comme une triade de symptômes faisant échos aux premières observations de Kanner, soit un manque d'intérêt pour les relations sociales, l'utilisation du langage répétitif (p.ex., écholalie) et la présence d'atypies comportementales (p.ex., résistance au changement). Le syndrome d'Asperger fait son apparition plus tard dans le DSM-IV (APA, 1994). Avec les années et à travers les différentes versions du DSM, les critères diagnostiques de l'autisme sont devenus plus inclusifs. Par exemple, le DSM-IV et le DSM-IV-tr proposent de regrouper les diagnostics de trouble autistique, syndrome d'Asperger, trouble désintégratif de l'enfance, syndrome de Rett et trouble envahissant du développement non spécifié dans la catégorie plus large de troubles envahissants du développement (APA, 1994, 2000). Ainsi, une classification catégorielle de l'autisme comprenant différents sous-groupes diagnostiques est mise de l'avant.

Avec l'arrivée du DSM-5, les critères diagnostiques proposent plutôt de voir le trouble selon un continuum de difficultés, sans sous-catégories distinctes (APA, 2013). Ainsi,

les anciens diagnostics d'autisme, du syndrome d'Asperger et du trouble envahissant du développement non spécifié ont été retirés du DSM en tant que diagnostics distincts pour être rassemblés sous le nouveau diagnostic du TSA. Une autre nouveauté du DSM-5 consiste à préciser les niveaux intellectuels et langagiers afin de situer la personne sur un continuum de difficulté. Depuis les premières descriptions de l'autisme, le spectre s'est considérablement élargi, regroupant des individus aux phénotypes bien différents. En effet, le TSA inclut aujourd'hui des individus dont le niveau intellectuel s'étend de la déficience intellectuelle à la douance et dont les capacités langagières varient entre une absence complète de langage à un niveau supérieur à la moyenne. Les changements effectués dans le DSM-5 se voulaient une tentative de rendre le diagnostic plus précis. Cependant, cette version du diagnostic serait moins sensible et pourrait exclure les individus autistes qui ont moins de symptômes (Kulage et al., 2014; McPartland et al., 2012).

1.1.1.2 Manifestations cliniques du TSA selon le DSM-5

Selon la plus récente version du DSM (APA, 2013), l'autisme se caractérise par des symptômes appartenant à deux domaines relativement distincts. D'abord, il y a un déficit sur les plans sociocommunicatif et des interactions sociales pouvant se traduire de différentes manières, allant d'une difficulté à créer des contacts sociaux ou à communiquer avec les pairs, jusqu'à l'absence de langage oral à l'âge préscolaire. La présence de ces difficultés apparaît très tôt dans l'enfance et permet d'identifier, ou au moins de soupçonner un diagnostic de TSA au cours de la deuxième année de vie. Puis, il y a les CIRR qui correspondent à des activités de nature atypique telles que des mouvements ou une exploration d'objets stéréotypée et répétitive, une rigidité importante par rapport aux changements ou une adhérence à des rituels, des intérêts restreints et anormaux soit par leur nature ou par leur intensité et une hyper ou hyporéactivité à des stimulations sensorielles ou un intérêt anormal pour les aspects sensoriels de l'environnement (APA, 2013).

1.1.1.3 Prévalence du trouble du spectre de l'autisme

Il y a de cela environ 50 ans, le diagnostic d'autisme était considéré comme étant excessivement rare. En effet, en 1966, la prévalence d'enfants ayant un diagnostic d'autisme, selon la définition de Kanner, au Royaume-Uni était de 2.5/10,000 (Wing et al., 1976). En 2001, la prévalence d'autisme, cette fois selon les critères du DSM-IV, a augmenté à 16,8/10,000 (Chakrabarti & Fombonne, 2001). Des recensions relativement récentes ont révélé que la prévalence d'autisme continue d'augmenter avec les années (Fombonne, 2003; Fombonne, Quirke, & Hagen, 2011), avec une prévalence mondiale actuelle avoisinant 1,5% en moyenne (Baio et al., 2018; Elsabbagh et al., 2012; Lord et al., 2018).

La forte hausse de la prévalence du TSA serait expliquée par l'évolution des concepts et critères diagnostiques ainsi que de l'évaluation à travers le temps (Costello et al., 2006; Fombonne, 2003; Rutter, 2005; Williams et al., 2006). Par exemple, comme mentionné plus haut, la définition du TSA a évolué à travers les versions du DSM. Les critères diagnostiques sont devenus de plus en plus inclusifs, augmentant par le fait même le nombre d'enfants recevant un diagnostic d'autisme (Fombonne et al., 2009; Mahjouri & Lord, 2012). De plus, les premières études épidémiologiques n'incluaient que des enfants ayant reçu un diagnostic d'autisme au préalable (p.ex., en recrutant dans des cliniques spécialisées), alors que les études plus récentes recrutent aussi des enfants issus de la population générale et vérifient si certains enfants non diagnostiqués présentent des symptômes d'autisme (Fombonne et al., 2016; Kim et al., 2011). Ainsi, cette différente méthode de recrutement permet de détecter et d'inclure des enfants qui n'auraient pas encore reçu de diagnostic d'autisme. Finalement, un meilleur accès aux services, une plus grande sensibilisation du grand public au TSA, ainsi que le développement d'expertise locale pourraient contribuer à l'augmentation de la prévalence de l'autisme (Newschaffer, 2006; Newschaffer et al., 2005; Rutter, 2005). D'ailleurs, les enfants reçoivent maintenant un diagnostic d'autisme à un âge beaucoup

plus jeune qu'il n'était possible de le faire il y a quelques décennies (Croen et al., 2002; Howlin, 1997; Mandell et al., 2005), passant d'environ 7 ans dans les années 80 à 3 ans à la fin des années 90 (Croen et al., 2002).

Parmi les individus recevant un diagnostic de TSA, il semble y avoir une proportion beaucoup plus importante de garçons, par rapport aux filles. En effet, le nombre de garçons diagnostiqués est environ 4 fois plus élevé que le nombre de filles (Fombonne, 2009). Ce ratio diminue à 2 garçons pour une fille chez les autistes ayant aussi une déficience intellectuelle, mais augmente à 8 ou 9 garçons pour une fille dans les échantillons incluant des enfants autistes ayant un niveau intellectuel dans la norme (Fombonne, 2009; Kirkovski et al., 2013; Loomes et al., 2017; Mandy et al., 2012; Volkmar et al., 1993). Cette prévalence diagnostique beaucoup plus importante chez les garçons a contribué à percevoir le phénotype de l'autisme comme étant typiquement masculin (Mandy et al., 2012). Plusieurs hypothèses ont été formulées pour expliquer cette différence de sexe. D'abord, le fait d'être une fille apporterait une protection génétique pour plusieurs troubles neurodéveloppementaux (dont le TSA) (Robinson et al., 2013). En effet, certaines études suggèrent que des mutations génétiques plus importantes sont nécessaires pour qu'une fille développe un TSA, comparativement aux garçons (Gilman et al., 2011; Jacquemont et al., 2014; Robinson et al., 2013). Sur le plan hormonal, la littérature suggère qu'un plus haut niveau de testostérone intra-utérin serait associé à un diagnostic d'autisme (Auyeung et al., 2009; Knickmeyer & Baron-Cohen, 2006) et que les filles autistes présenteraient un plus haut niveau de testostérone comparativement aux filles neurotypiques (Bejerot et al., 2012). Une autre avenue possible est que le phénotype autistique se présente différemment chez les filles comparativement aux garçons (Kreiser & White, 2014; Lai et al., 2016). Par exemple, les filles auraient davantage tendance à camoufler leurs symptômes dans des contextes sociaux (Dworzynski et al., 2012; Lai et al., 2016; Wilson et al., 2016), particulièrement chez les filles autistes sans déficience intellectuelle (Giarelli et al., 2010; Hiller et al., 2016). Par ailleurs, certains auteurs suggèrent que les intérêts restreints des filles

autistes correspondent aux intérêts typiquement retrouvés chez les jeunes filles neurotypiques (p.ex., livres, célébrités, animaux) (Halladay et al., 2015; Kirkovski et al., 2013). Ainsi, ces intérêts, bien qu'ils soient intenses et restreints, risquent de passer inaperçus lors de l'évaluation diagnostique chez les filles. Finalement, la proportion plus large de garçons autistes pourrait aussi être expliquée par le fait que les pratiques diagnostiques n'arrivent pas à bien capturer les symptômes d'autisme chez les filles, menant possiblement à un plus haut risque de faux négatifs chez ces dernières (Halladay et al., 2015; Kirkovski et al., 2013; Loomes et al., 2017). En effet, les outils diagnostiques actuels ont été basés sur la manière dont les symptômes d'autisme se présentent chez les garçons et ne tiennent pas compte du phénotype autistique particulier des filles. L'ensemble de ces facteurs semble contribuer à ce que les filles autistes passent plus facilement sous le radar des cliniciens ou reçoivent un mauvais diagnostic.

1.1.2 Théories explicatives du trouble du spectre de l'autisme

Plusieurs modèles explicatifs ont été proposés et peuvent être divisés sommairement selon deux grandes approches : les approches neurobiologiques et les approches psychologiques et neuropsychologiques.

1.1.2.1 Approches neurobiologiques

Les approches neurobiologiques se sont attardées à la manière particulière dont le cerveau est formé et est connecté chez les personnes autistes.

1.1.2.1.1 Particularités de l'anatomie cérébrale en autisme

À ce jour, aucune étude n'est parvenue à identifier un cerveau caractéristique de l'autisme. Donc d'une personne à l'autre, des atypies différentes peuvent se manifester. Cependant, une certaine tendance émerge et des régions cérébrales spécifiques commencent à ressortir comme étant associées à l'autisme.

Déjà, Kanner (1943) a remarqué une circonférence crânienne plus élevée que la normale pour 5 enfants des 11 enfants faisant partie de son étude descriptive. Cette observation est corroborée par les résultats d'études plus récentes sur le sujet, indiquant qu'entre 15% et 42% des enfants (Bailey et al., 1995; Nordahl et al., 2011; Sacco et al., 2015) et adultes autistes (Fombonne et al., 1999) ont une circonférence crânienne significativement plus élevée que la moyenne. Des études de neuroimagerie suggèrent que cette plus grande circonférence crânienne serait associée à un plus grand volume cérébral (Bauman, 1996; Fombonne et al., 1999; Lainhart et al., 2006; Piven et al., 1995). Une croissance cérébrale accélérée a été notée durant les trois premières années de vie chez des enfants autistes comparativement à des enfants ayant un retard de développement (Courchesne et al., 2003; Webb et al., 2007) ou à des enfants neurotypiques (Hazlett, Gu, Munsell, Kim, Styner, Wolff, Elison, et al., 2017; Ohta et al., 2016; Shen et al., 2018), à la suite de quoi tous les enfants auraient une circonférence crânienne comparable (Courchesne et al., 2003). Certains cas de microcéphalie ont aussi été notés en autisme, cependant cette condition est beaucoup plus rare au sein du diagnostic (Fombonne et al., 1999).

Certaines particularités anatomiques ont également été notées dans des régions cérébrales spécifiques. Par exemple, une hyperexpansion de la surface corticale des régions impliquées dans le traitement de l'information visuelle a été remarquée chez des enfants de 6 et 12 mois qui recevront ultérieurement un diagnostic d'autisme (Hazlett, Gu, Munsell, Kim, Styner, Wolff, & Botteron, 2017). De plus, le cortex frontal des individus autistes semble être plus volumineux (ou contenir un plus grand nombre de neurones) dans les premières années de vie comparativement aux neurotypiques (Carper & Courchesne, 2000, 2005; Courchesne, Campbell, et al., 2011; Courchesne, Mouton, et al., 2011; Schumann et al., 2010; Zielinski et al., 2014). Par la suite, il y aurait stabilisation ou même une décroissance du volume du cortex préfrontal (Courchesne, Campbell, et al., 2011; Zielinski et al., 2014). D'autre part, l'hippocampe (Barnea-Goraly et al., 2014; Schumann et al., 2004), le gyrus fusiforme (Allison et al.,

2000; Gauthier et al., 2000) et l'amygdale (Mosconi et al., 2009; Munson et al., 2006; Nordahl et al., 2012; Schumann et al., 2009; Schumann et al., 2004) sont trois structures ayant été identifiées comme plus volumineuses ou plus denses en autisme. Sur le plan de la matière grise, une méta-analyse a trouvé que le cervelet comporte un plus petit volume de matière grise chez des hommes autistes comparativement aux neurotypiques (Stoodley, 2014). Cependant, d'autres études n'ont démontré aucune différence de volume (Piven et al., 1997) voire même, une hyperplasie (Courchesne et al., 1994). Finalement, sur le plan de la matière blanche, certains auteurs ont noté un volume augmenté dans le lobe pariétal et temporal chez des enfants autistes comparativement à des enfants neurotypiques (Carper et al., 2002).

1.1.2.1.2 Particularités de la connectivité cérébrale en autisme

Des patrons de connectivité cérébrale atypiques ont été relevés en autisme. En effet, il est bien établi qu'il existe une sous-connectivité structurelle et fonctionnelle globale (Courchesne & Pierce, 2005; Maximo et al., 2014), particulièrement les connections fronto-pariétales et antéro-postérieures (Cherkassky et al., 2006; Just et al., 2012). À l'inverse, d'autres études ont montré une surconnectivité locale dans des structures sous-corticales, particulièrement entre le thalamus, le pallidum et le cortex sensorimoteur primaire (Di Martino et al., 2014). Ce patron de surconnectivité a été lié à certaines caractéristiques du phénotype autistique telles que l'hypersensibilité (Belmonte et al., 2004) ainsi qu'une attention aux détails accrue (Baron-Cohen et al., 2009). De plus, une surconnectivité particulièrement prononcée a été remarquée dans les régions temporo-occipitales, impliquées dans le traitement de l'information visuelle (Keown et al., 2013). Fait intéressant, les études explorant le lien entre la connectivité cérébrale et l'intelligence ont montré qu'un certain équilibre de connectivité locale et globale permettrait d'assurer l'intégration et la coordination de plusieurs régions cérébrales entre elles en plus d'être associé à un plus haut potentiel intellectuel (Kim et al., 2016; Koenis et al., 2015; van den Heuvel et al., 2009). L'augmentation de la

connectivité locale pourrait être associée aux capacités supérieures en discrimination perceptive (auditive, visuelle ou tactile) au détriment d'habiletés intellectuelles plus générales (Crespi, 2016). Ainsi, le patron de connectivité atypique caractérisant le TSA pourrait sous-tendre les sur- et sous-fonctionnements cognitifs souvent vus en autisme (Belmonte et al., 2004).

1.1.2.1.3 Anomalies biochimiques

Une activité atypique de plusieurs neurotransmetteurs a été notée en autisme. D'abord, une concentration réduite de gaba et de glutamate, deux neurotransmetteurs excitateurs impliqués dans le développement cérébral (Owens & Kriegstein, 2002), a été notée dans le striatum, ainsi que dans les cortex moteur, visuel, auditif et somatosensoriel chez les personnes autistes (Essa et al., 2013; Horder et al., 2018; Puts et al., 2017; Rojas et al., 2014). Cependant, d'autres études ont indiqué que le gaba et le glutamate seraient plutôt associés à l'impulsivité et l'hyperactivité parfois vues en autisme, mais pas aux symptômes prototypiques de l'autisme (Naaijen et al., 2017). Ensuite, la dopamine est un neurotransmetteur impliqué dans le contrôle moteur, la cognition et les comportements sociaux (Tidey & Miczek, 1996) et pourrait jouer un rôle dans le phénotype autistique. En effet, des altérations du réseau mesocorticolimbique dopaminergique ont été retrouvées chez des individus autistes, résultant en une réduction de dopamine dans le cortex préfrontal (Chevalier et al., 2012; Ernst et al., 1997). Un déséquilibre dans des régions spécifiques du cerveau pourrait mener à des manifestations cliniques de l'autisme, telles que l'hyperactivité ou des difficultés sur le plan moteur (Dichter et al., 2012). La sérotonine semble elle aussi impliquée dans l'étiologie de l'autisme (Yang et al., 2014). Il s'agit d'un neurotransmetteur qui intervient dans différentes fonctions cérébrales telles que la mémoire, les habiletés d'apprentissage, le sommeil et la régulation émotionnelle (Jenkins et al., 2016; Rose-Meyer, 2013). De plus hauts niveaux de sérotonine ont été mesurés chez les enfants autistes comparativement aux neurotypiques, et la magnitude des symptômes

d'autisme était positivement associée au niveau de sérotonine (Abdulmir et al., 2018). Un autre neurotransmetteur jouant possiblement un rôle dans le TSA est la mélatonine. Un niveau moindre de mélatonine, impliquée dans la régulation du sommeil, a été observé chez les individus autistes (Tordjman et al., 2013). Cela pourrait en partie expliquer que les enfants autistes ont souvent de la difficulté à l'endormissement, à demeurer endormis et qu'ils présentent des parasomnies (Miano et al., 2007; Souders et al., 2017). Finalement, l'acétylcholine, un neurotransmetteur impliqué dans les neurones moteurs et le système nerveux parasympathique, jouerait un rôle dans les comportements sociaux et répétitifs (Wang et al., 2015). Les personnes autistes présenteraient un plus bas niveau d'acétylcholine dans le cortex pariétal et frontal post mortem (Martin-Ruiz et al., 2004; Perry et al., 2001), ainsi que dans le cervelet (Lee et al., 2002).

1.1.2.1.4 Anomalies génétiques

Le TSA est considéré comme ayant une forte composante génétique. L'étude de jumeaux de Folstein et Rutter (1977) a été la première à le démontrer. Plus récemment, d'autres études de jumeaux mono- et dizygotes ont montré aussi une héritabilité importante, allant de 51% à 90%, ce qui est très élevé comparativement à d'autres conditions impliquant plusieurs gènes (p.ex., cancer, maladie cardiovasculaire, schizophrénie, dépression) (Bai et al., 2019; Levitt & Campbell, 2009; Miles, 2011; Tick et al., 2016). Certaines études menées au sein de fratries ont montré également un pourcentage de récurrence élevé (8% à 35% dépendamment du nombre d'enfants autistes au sein de la même famille) (Ritvo et al., 1989). Malgré ce haut degré d'héritabilité, aucun gène unique n'a pu être identifié comme cause de l'autisme. En fait, plus d'une centaine de gènes pourraient être considérés comme fortement associés à l'autisme, aucun n'expliquant entièrement le phénotype (Satterstrom et al., 2020). Ces gènes seraient principalement impliqués dans la communication entre les neurones (De Rubeis et al., 2014). La plupart des mutations associées à l'autisme sont dites « de

novo »¹ ou alors impliquent des gènes rares². Les récents progrès en génétique ont permis d'identifier une cause génétique pour 20-25% des individus autistes (Miles, 2011), dont la plupart ont aussi une déficience intellectuelle (Miller et al., 2013). D'ailleurs, les gènes associés à l'autisme sont aussi généralement associés à la déficience intellectuelle (Casanova et al., 2016; Miller et al., 2013; Zhu et al., 2014). Cependant, même lorsque des gènes sont identifiés, la pénétrance est faible. C'est-à-dire que d'un individu autiste à l'autre, ce ne sont pas les mêmes gènes qui sont associés à un phénotype donné. À l'inverse, un phénotype donné peut être associé à plusieurs gènes différents (APA, 2013). C'est donc dire que le TSA résulte d'une multitude de mutations génétiques, chacune apportant un effet minime au phénotype. Le fait de ne pas avoir trouvé le « gène de l'autisme » témoigne probablement de l'hétérogénéité du phénotype autistique.

1.1.2.2 Approches psychologiques et neuropsychologiques

Étant donné que le diagnostic de TSA se fait via l'observation clinique du phénotype autistique (c.-à-d., présence de difficultés sociocommunicatives et CIRR), et donc via l'étude de comportements observables, plusieurs auteurs ont privilégié l'exploration d'approches psychologiques ou neuropsychologiques (plutôt que biologiques) pour explorer l'étiologie de l'autisme. Plusieurs modèles ont été élaborés dans l'optique de comprendre l'étiologie autistique à partir de son phénotype. Parmi les modèles les plus souvent cités, il y a le déficit en théorie de l'esprit (Baron-Cohen et al., 1985), les

¹ Les gènes de novo sont retrouvés seulement chez l'enfant et non les parents.

² Les gènes rares sont présents chez moins de 1% de la population et ont de plus grands effets sur le phénotype

dysfonctions exécutives (Pellicano, 2012), le cerveau masculin extrême (Baron-Cohen, 2002). Cependant, dans le cadre de la présente thèse, nous nous concentrerons sur les théories les plus directement liées à nos objectifs de recherche, soit le modèle de la Cohérence Centrale réduite (CCR: Frith, 1989), le modèle du surfonctionnement perceptif (SP: Mottron et al., 2006) et le modèle déclencheur-seuil-cible (DSC: Mottron et al., 2014).

1.1.2.2.1 Modèle de la cohérence centrale réduite

Le modèle de la CCR fut d'abord introduit par Frith (1989). Le modèle CCR avance que la perception en autisme favorise un traitement de l'information local et segmenté au détriment d'un traitement global. Le traitement local de l'information permet de décomposer un stimulus afin d'analyser ses composantes indépendamment l'une de l'autre. À l'inverse, le traitement global de l'information amène à percevoir le stimulus dans son ensemble, comme un tout. Le modèle de la CCR a été élaboré à travers l'étude de la performance particulière dans les tâches perceptives (p.ex. tâche des figures cachées, recherche visuelle) en autisme, dans lesquelles il est avantageux de considérer les éléments simples. Dans le test des figures cachées par exemple, on demande de trouver une cible (p.ex. forme de triangle) cachée dans une image globale (p.ex. un bateau). Ainsi, dans cette tâche, les individus autistes qui favorisent un traitement local trouvent plus rapidement la cible par rapport aux individus neurotypiques, qui eux favorisent un traitement global, ces derniers étant plus influencés par le sens global de l'image (Shah & Frith, 1983, 1993). Une cohérence centrale réduite pourrait également expliquer la manifestation de certains CIRR tels que l'attention aux détails, les intérêts obsessionnels et la résistance au changement (Happe et al., 2001). D'autres études nuancent l'hypothèse de la faible cohérence centrale en montrant que les personnes autistes sont capables de traiter l'information de manière globale, mais que cette capacité n'est utilisée que si elle devient une stratégie nécessaire à la réussite de la tâche (Caron et al., 2006; Mottron et al., 2003; Wang et al., 2007).

1.1.2.2.2 Modèle du surfonctionnement perceptif

Le modèle du SP (Mottron & Burack, 2001; Mottron et al., 2006) propose l'existence d'un surfonctionnement du traitement perceptif (tant en modalité auditive que visuelle), incluant la détection de patterns, la détection de détails et un traitement de l'information perceptive plus efficace en général. Ce modèle suggère également une indépendance plus grande des processus perceptifs par rapport aux autres processus cognitifs. En ce sens, le modèle du SP vient rejoindre les modèles neurobiologiques de connectivité cérébrale vus plus haut, proposant une sous-connectivité entre les régions antérieures (associées aux processus cognitifs de haut niveau) et postérieures (associées aux processus perceptifs: Cherkassky et al., 2006; Just et al., 2012), donnant lieu à une réduction de la synchronisation entre ces régions. Tout comme le modèle de la CCR, le modèle du SP supporte lui aussi que le mode de traitement privilégié chez les personnes autistes serait local. Cependant, contrairement au modèle CCR, le traitement global des stimuli perceptifs serait possible lorsque cette méthode s'avère plus efficace pour accomplir une tâche. La plus grande tendance à favoriser un traitement local des stimuli perceptifs ainsi qu'une moins grande attention au contexte (biais vers un traitement plus local) résulterait en une meilleure performance dans plusieurs tâches perceptives et visuospatiales (Caron et al., 2006; Mottron et al., 2003; O'Riordan, 2000; O'Riordan et al., 2001; Plaisted et al., 1998; Wang et al., 2007). De plus, le modèle du SP suggère la présence d'une suractivation des zones perceptives dans une diversité de tâches sociales et non sociales par rapport aux neurotypiques. Les résultats d'une récente méta-analyse vont en ce sens (Samson et al., 2011) en indiquant une plus grande activation des zones perceptives du cerveau dans une variété de tâches visuelles chez les individus autistes comparativement aux non-autistes, même s'ils ont une performance similaire. Cette suractivation des zones visuelles a aussi été démontrée lors de la complétion des Matrices Progressives de Raven, suggérant qu'une plus grande implication des aires visuelles est aussi observée lors de tâches de raisonnement plus complexes (Soulières et al., 2009). Sur le plan clinique, cela se refléterait par la

présence de comportements atypiques permettant aux autistes de filtrer l'information perceptive de l'environnement. Par exemple, les regards latéraux souvent remarqués en autisme contribuent à diminuer la quantité de détails visualisés et améliorent la perception du mouvement (Mottron & Burack, 2001).

1.1.2.3 Vers une approche intégrative : le modèle Déclencheur Seuil Cible

Le modèle DSC (Trigger-Threshold-Target en anglais), développé par Mottron et al. (2014), se penche notamment sur la question de la plasticité en autisme et pourrait être considéré comme une tentative de modèle intégratif. Ce modèle est basé sur le fait que plusieurs gènes, pour lesquels des mutations génétiques reliées à l'autisme ont été identifiées, sont impliqués dans la plasticité cérébrale, soit la capacité du cerveau à modifier l'organisation de ses connexions neuronales (Waltereit et al., 2014). Le modèle DSC stipule que des mutations génétiques seraient à l'origine du déclenchement (déclencheur) de processus de plasticité chez les personnes dont le seuil de déclenchement de ces réactions plastiques serait bas. Ce seuil serait également génétiquement déterminé. Puis, chaque réaction plastique aurait une cible différente. La combinaison des différentes mutations génétiques, seuils de déclenchement et cibles entraînerait la variabilité retrouvée au sein du TSA (Mottron et al., 2014). Selon le modèle DSC, l'altération des mécanismes de plasticité cérébrale en autisme résulterait en un cerveau plus sensible à l'expérience sensorielle. D'ailleurs, la réorganisation corticale retrouvée en autisme serait généralement localisée dans les régions les plus plastiques du cerveau, dont les aires associatives liées à la perception (Mueller et al., 2013).

Un aperçu de la littérature relevée jusqu'à maintenant permet de mettre en lumière le fait qu'il est encore difficile de bien caractériser la symptomatologie et l'étiologie en autisme, bien que les premières descriptions remontent à une centaine d'années. À ce jour, aucune cause génétique ou biochimique de l'autisme n'a pu être clairement identifiée. Des différences anatomiques et de connectivité cérébrale ont été notées d'un

individu à l'autre (p.ex. en fonction de l'âge). Finalement, aucun des modèles cognitifs présentés ci-dessus ne permet d'expliquer tout le spectre autistique et sa symptomatologie. Ce survol de la littérature met en lumière toute l'hétérogénéité retrouvée au sein du TSA. Ainsi, au lieu de chercher à formuler une théorie unificatrice de l'autisme, il serait intéressant de plutôt s'attarder à mieux comprendre certains aspects précis afin d'expliquer une partie de l'hétérogénéité dans la population autiste, et de mieux distinguer ces personnes entre elles.

1.2 L'intelligence

1.2.1 Évolution de concept de l'intelligence

Bien que l'intelligence soit étudiée depuis l'antiquité, on ne s'entend toujours pas sur une définition commune de ce concept. Galton (1883) a été l'un des premiers à étudier le concept d'intelligence. Il a proposé une liste d'habiletés à évaluer, la majorité étant reliée aux capacités perceptives. Le seuil de détection pour chacun des sens, la vitesse de perception, le temps nécessaire à l'accommodation, etc. constitueraient alors les variables principales pour opérationnaliser le niveau intellectuel (Galton, 1883).

Alfred Binet a également été un pionnier dans la conceptualisation de l'intelligence. Il a introduit l'idée que si l'on veut mesurer adéquatement l'intelligence d'une personne, on doit tenir compte de son âge. Donc, les items d'un test devraient être classés en ordre croissant de difficulté selon une séquence développementale typique (Binet & Simon, 1905). De plus, Binet considérait qu'une mesure de l'intelligence ne devrait pas dépendre des apprentissages scolaires. Dans son test, il s'est plutôt attardé à mesurer des habiletés pratiques nécessaires au quotidien (p.ex. pointer des parties du corps, nommer des objets, mémoriser une série de chiffres, lire le temps sur une horloge analogique). Le concept d'âge mental (habiletés qu'un individu devrait avoir à un âge donné) a ainsi été introduit et a rendu possible la comparaison interindividuelle pour la

première fois, grâce à cette échelle (Binet & Simon, 1905). Les tests de Binet ont été revus et améliorés par Terman (1916) pour devenir le test Stanford-Binet, toujours utilisé aujourd'hui.

Charles Spearman a également fait partie des figures les plus influentes dans le domaine de l'évaluation de l'intelligence. Il a amené l'idée que toutes les mesures de l'intelligence, aussi diversifiées soient-elles, évaluent un même construit sous-jacent : le facteur g. Spearman (1904) a aussi avancé l'existence d'un lien entre le facteur g et la discrimination sensorielle générale (autrement dit, les habiletés perceptives). Selon lui, il y aurait un processus fondamental et unique de l'intelligence générale qui sous-tendrait la performance à tout test d'intelligence. À l'appui de sa théorie, il a trouvé des corrélations positives entre les performances à différents tests d'intelligence (Spearman, 1904), un résultat amplement répliqué (Carroll, 1993; Deary, 2000; Meilleur et al., 2014). Cependant, il demeure une partie de la variance non expliquée par le facteur g. Spearman a expliqué cela en disant que cette portion de la variance non expliquée par g serait propre aux caractéristiques spécifiques des tests. Par exemple, un test de vocabulaire mesurerait le facteur g, mais aussi la connaissance de la signification des mots. Ainsi, certains tests seraient de meilleures mesures de g que d'autres. D'ailleurs, le facteur g serait étroitement lié aux capacités de raisonnement fluide, soit l'habileté de penser de manière flexible, permettant d'identifier des relations entre des objets, des idées ou des concepts, dans le but de tirer des conclusions et d'émettre des inférences et de résoudre des problèmes complexes (Spearman & Jones, 1950).

À l'opposé de Spearman, Thurstone (1938) était convaincu que l'intelligence devrait être conceptualisée en termes de facultés distinctes plutôt qu'en un seul concept global. Il a donc formé un modèle de l'intelligence composé de sept habiletés mentales primaires distinctes : la compréhension verbale, la fluence verbale, les chiffres, la visualisation spatiale, le raisonnement inductif, la mémoire et la vitesse perceptive.

Cette théorie fournit de l'information importante quant aux habiletés ou faiblesses particulières des individus qui contribuent plus ou moins à leur performance globale.

En réconciliant la pensée de Spearman (1904) et de Thurstone (1938), un nouveau modèle hiérarchique de l'intelligence a été proposé, contenant trois strates, connu sous le nom du modèle Cattell-Horn-Carroll (CHC: Alfonso et al., 2005; Flanagan et al., 2007; McGrew, 2009). La première strate évoque les habiletés spécifiques décrites par Spearman (1904). La deuxième strate s'apparente aux habiletés mentales primaires de Thurstone (1938). Finalement, la troisième strate représente un indice de l'intelligence général correspondant en quelque sorte au facteur g de Spearman (1904). Ainsi, de la première strate vers la troisième, on se retrouve avec un ensemble d'habiletés s'agglomérant progressivement en facteurs plus globaux. Le modèle CHC s'inspire également de la pensée de Cattell (1971) et de Horn et Cattell (1966), qui font la distinction entre l'intelligence fluide et l'intelligence cristallisée. L'intelligence fluide fait référence à l'habileté à penser de manière flexible au-delà des termes concrets afin d'identifier des relations entre des objets, des idées ou des concepts, dans le but de tirer des conclusions et d'émettre des inférences permettant de résoudre des problèmes. Ce type d'intelligence est indépendante de la culture et serait plutôt innée. Puis, l'intelligence cristallisée résulte des apprentissages et de l'expérience et serait donc acquise (McGrew, 2009). L'intelligence fluide et l'intelligence cristallisée sous-tendraient le facteur g (Carroll, 1993), et font d'ailleurs partie des habiletés mentales primaires de la strate II du modèle CHC. De manière intéressante, le raisonnement fluide serait hautement corrélé avec l'intelligence générale comparativement aux autres facteurs de deuxième niveau du modèle (McGrew, 2009).

1.2.2 La mesure

Les théories de l'intelligence vues dans la section précédente ont contribué à l'élaboration de tests, qui, à leur tour, ont façonné la définition et la compréhension de ce construit (Keith & Reynolds, 2010). Décrire tous les tests disponibles irait au-delà

des objectifs de cette thèse. Nous nous attarderons donc aux tests les plus utilisés en clinique et en recherche (et centraux à cette thèse). Nous proposons de les diviser en quatre catégories : (1) les tests d'intelligence conventionnels, (2) les tests de raisonnement fluide, (3) les tests perceptifs, ainsi que (4) les tests mesurant le fonctionnement adaptatif. Bien que ces types de tests mesurent tous des construits liés à l'intelligence, ils diffèrent énormément les uns des autres par leur structure, et la manière dont ils sont administrés, témoignant de la diversité de tests disponibles.

1.2.2.1 Les tests d'intelligence conventionnels

Le quotient intellectuel (QI) est défini comme l'écart entre la performance d'un individu et la performance moyenne des autres personnes de son âge. Les normes de la plupart des tests d'intelligence et des échelles de développement sont standardisées de manière à ce que la performance moyenne des personnes d'un groupe d'âge donné soit de 100, avec un écart-type de 15. Ainsi, le QI ne représente pas un score absolu, mais plutôt le rang d'un individu par rapport à la population (Mackintosh, 2011). En utilisant l'échelle du QI, il devient possible de comparer les différents tests d'intelligence.

Les échelles de Wechsler sont souvent utilisées dans les milieux cliniques et de recherche afin de mesurer le niveau intellectuel (Neisser et al., 1996). Il existe différentes versions des échelles de Wechsler selon les âges (WPPSI, WISC et WAIS) ainsi qu'une version abrégée (WASI) (Wechsler, 2003, 2008, 2011, 2012). Cependant, dans le cadre de ce projet de recherche, nous utilisons la quatrième édition pour les enfants d'âge préscolaire ou primaire (WPPSI-IV) qui est normée pour les enfants âgés de 2 ans 6 mois à 7 ans 7 mois. Il existe deux versions du WPPSI-IV, soit une pour les enfants qui ont moins de 4 ans et une pour les enfants de 4 ans et plus. Ces deux versions contiennent respectivement 5 et 6 sous-tests obligatoires qui permettent de calculer le QI global de l'enfant (Wechsler, 2012).

Puis, chez les plus petits, le Mullen Scales of Early Learning (MSEL: Mullen, 1995) est souvent utilisé, car il s'agit d'un instrument normé de la naissance jusqu'à 68 mois. Le MSEL est un test développemental et une mesure des habiletés cognitives composée de cinq sous-échelles : motricité globale, réception visuelle, motricité fine, langage expressif et langage réceptif, dont l'ensemble nous permet de calculer le quotient développemental de l'enfant.

Les tests du WPPSI-IV ainsi que du MSEL sont basés sur une conception multidimensionnelle de l'intelligence et leur structure est comparable à celle retrouvée dans le modèle CHC. En effet, chacun de ces tests fournit un QI global, correspondant à la strate III du modèle CHC et représente une estimation du facteur g. Le QI global est calculé à partir de sous-échelles qui correspondent à la strate II et chaque sous-échelle se divise en sous-tests (ou items dans le cas du MSEL), qui correspondent à la strate I.

1.2.2.2 Les tests de raisonnement fluide

Rappelons-nous que selon Spearman (1927), le concept de l'intelligence générale fait référence à l'habileté de voir des relations entre les objets, des événements et des idées et de former des inférences à partir de ces liens. Ainsi, la pensée abstraite occupe une place importante dans l'intelligence générale (Cattell, 1963). Penrose et Raven (1936) se sont appuyés sur la théorie de Spearman pour développer un test d'intelligence entièrement basé sur le raisonnement analogique, les Matrices Progressives de Raven. En ce sens, les Matrices Progressives de Raven se distinguent des autres mesures conventionnelles de l'intelligence par leur structure qui n'est pas modelée sur le modèle CHC. Les items des Matrices Progressives de Raven sont formés d'une matrice contenant 9 (3 x 3) ou 4 (2 x 2) items. Un des éléments de la matrice est manquant, et le participant doit choisir parmi les 6 ou 8 choix disponibles lequel complète le mieux la matrice. Le niveau de difficulté augmente au fur et à mesure que le participant progresse dans le test. Plusieurs versions des Matrices Progressives de Raven sont

disponibles, telles que les Matrices Progressives de Raven Standard, les Matrices Progressives de Raven avancées pour les adultes ayant un QI au-dessus de la moyenne et les Matrices Progressives de Raven Couleurs pour les jeunes enfants (Raven et al., 1998a).

Les Matrices Progressives de Raven ont l'avantage de pouvoir être administrées avec un minimum d'instructions verbales et sont considérées comme étant relativement indépendantes de la culture. Ces caractéristiques font des Matrices Progressives de Raven un test particulièrement bien adapté pour évaluer des individus avec un déficit sensoriel (p.ex., surdité), dont la langue première n'est pas la même que celle de l'évaluateur, qui pourraient avoir de la difficulté à suivre des instructions, etc. Il a d'ailleurs été démontré que les enfants sourds obtiennent généralement des scores plus élevés aux Matrices Progressives de Raven, comparativement à ce qui est prédit par leur QI verbal au Wechsler (Conrad, 1979).

1.2.2.3 Les tests perceptifs

La perception semble jouer un rôle central dans plusieurs modèles de l'intelligence (Galton, 1883; Spearman, 1904; Thurstone, 1938). Ainsi, certains tests ont été créés spécifiquement pour évaluer les habiletés perceptives. Nous nous limiterons à présenter les tests perceptifs pertinents pour la thèse dans les paragraphes suivants.

Parmi les plus connues, il y a les tâches de recherche visuelle (e.g., O'Riordan et al., 2001; Plaisted et al., 1998; Treisman & Gelade, 1980), dont le but est de trouver un stimulus visuel (cible) parmi d'autres stimuli visuels (distracteurs). Par exemple, dans l'article de Courchesne et al. (2019), la tâche de recherche visuelle utilisée consistait à trouver une lettre cible (p.ex., un X rouge, un T rouge et un S vert) parmi un ensemble de distracteurs (pour un exemple, voir Figure 1.1). Les lettres cibles se trouvaient parmi 5, 15, 25, 50 ou 75 lettres de la même dimension que la lettre cible, jouant le rôle de distracteurs selon les essais. La tâche de recherche visuelle comportait deux conditions

: une condition « Feature » dans laquelle la lettre cible se distingue des distracteurs par une caractéristique spécifique (p.ex., un T rouge caché parmi des X rouges et des S verts est unique par sa forme) et une condition « Conjunction » dans laquelle la cible partageait une combinaison des caractéristiques des distracteurs (p.ex., un X rouge caché parmi des T rouges et des X verts est unique par la combinaison de la couleur rouge et de la forme X). Dans cette version de la tâche, le temps requis pour placer la lettre sur la cible est compilé et constitue ainsi la mesure de la performance à cette tâche.

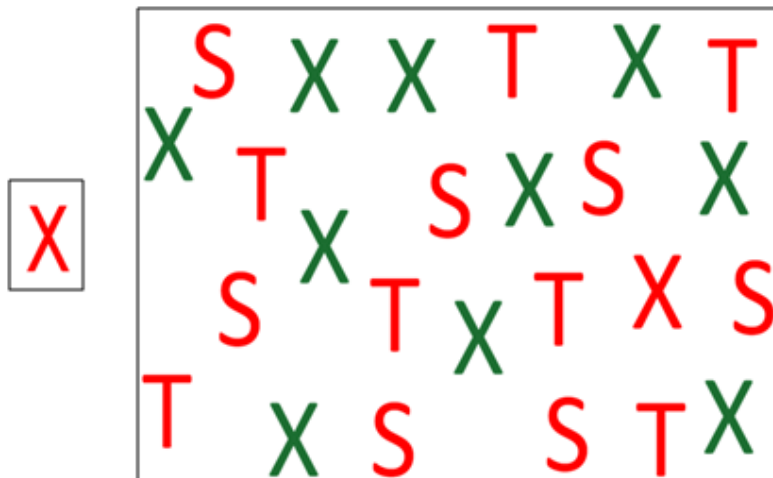


Figure 1.1. Exemple d'item à la tâche de recherche visuelle (Courchesne et al., 2015)

Un autre test perceptif bien connu est le Children Embedded Figures Test (CEFT) (Karp & Konstadt, 1963). Ce test consiste à trouver une forme cible camouflée à l'intérieur d'un dessin plus grand ayant une signification sémantique (pour un exemple, voir Figure 1.2). Le CEFT est composé de 14 essais de pratique et 25 essais officiels comptabilisés dans le score total. La performance à ce test est reflétée par le temps requis pour placer la forme cible au bon endroit sur la feuille à l'aide d'un chronomètre et le nombre d'essais réussis est comptabilisé.

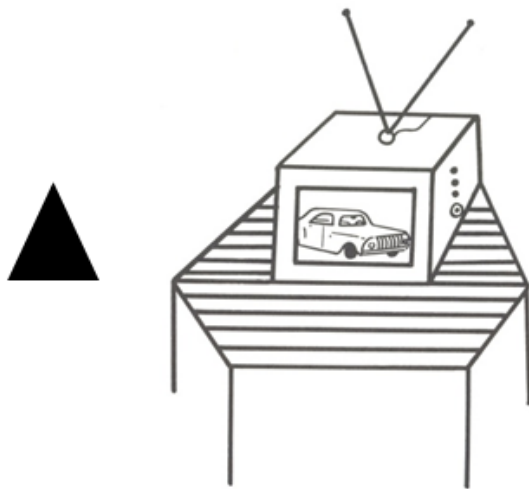


Figure 1.2. Exemple d'un item à la tâche du CEFT (Karp & Konstadt, 1963)

1.2.2.4 Les mesures du fonctionnement adaptatif

Le fonctionnement adaptatif se définit comme l'ensemble des habiletés conceptuelles, sociales et pratiques qui ont été acquises et qui sont sollicitées dans la vie quotidienne (Schalock et al., 2010). Le fonctionnement adaptatif occupe une place importante dans la mesure de l'intelligence, plus particulièrement lorsque vient le temps de statuer sur la présence d'une déficience intellectuelle. En effet, selon la plus récente version du DSM, la déficience intellectuelle se manifeste par des limitations importantes sur les plans cognitif *et* adaptatif (APA, 2013). De plus, certains auteurs ont souligné que le contexte d'évaluation ainsi que la nature des mesures d'intelligence conventionnelles ne constituent pas une mesure complète de l'intelligence et ne reflètent pas nécessairement les habiletés nécessaires à l'adaptation dans la vie quotidienne (Sternberg, 1985; Sternberg et al., 2000; Sternberg & Wagner, 1986; Sternberg et al., 1995). Ainsi, mesurer une intelligence dite « pratique » permettrait de dresser un portrait plus complet des habiletés intellectuelles (Binet & Simon, 1905; Sternberg & Wagner, 1986). Une des mesures du fonctionnement adaptatif est le Vineland Adaptive Behavior Scale (VABS: Sparrow & Cicchetti, 2005), une entrevue auprès des parents

(Sparrow & Cicchetti, 2005). Il s'agit d'une mesure standardisée et semi-structurée incluant un score global du niveau adaptatif, sous-tendu par la performance à quatre sous-échelles : communication, habiletés de la vie quotidienne, socialisation, habiletés motrices.

Malgré leurs différences, la performance à chacun de ces tests est généralement similaire dans la population neurotypique, c'est-à-dire qu'une haute performance à l'un de ces tests est généralement associée à une haute performance aux autres tests, et vice versa. Par exemple, la performance aux Matrices Progressives de Raven est similaire à celle obtenue aux échelles de Wechsler (p.ex., Dawson et al., 2007; Nader et al., 2016). De plus, une récente méta-analyse a démontré un lien entre les mesures d'intelligence conventionnelles et le fonctionnement adaptatif, avec une taille d'effet modérée (Alexander & Reynolds, 2020). Puis, une relation étroite entre certains tests perceptifs et l'intelligence a été démontrée chez les neurotypiques (Deary, 2000; Mackintosh, 2011; Meilleur et al., 2014). Finalement, la mesure de l'intelligence semble généralement stable au cours de la vie chez les neurotypiques (Bornstein et al., 2006; Fagan, Holland, & Wheeler, 2007).

1.3 Une autre intelligence en autisme

Le diagnostic d'autisme se fait habituellement dès l'âge préscolaire (c.-à-d., 2-5 ans), et doit spécifier la présence ou non d'une déficience intellectuelle comorbide (ou retard global de développement pour les enfants de 5 ans et moins) (APA, 2013). Une évaluation adéquate du niveau intellectuel est donc particulièrement importante à l'âge préscolaire. La qualité de l'évaluation intellectuelle a des implications sur les plans clinique et de la recherche. Sur le plan clinique, une évaluation valide du niveau intellectuel permet de préciser le diagnostic de TSA, et la mise en place d'interventions adaptées au potentiel de l'enfant. Déterminer le niveau intellectuel permet aussi de donner accès aux conditions environnementales et aux outils adéquats pour l'enfant.

Par exemple, un enfant dont les capacités intellectuelles permettent l'apprentissage académique ne devrait pas recevoir des interventions orientées uniquement vers le développement d'habiletés adaptatives. En recherche, l'évaluation intellectuelle permet de déterminer la prévalence de déficience intellectuelle en autisme, de créer des sous-groupes d'individus autistes avec et sans déficience intellectuelle pour fins de comparaisons inter-groupes. De plus, la différenciation entre la déficience intellectuelle et le TSA pourrait aider à mieux comprendre l'étiologie de chacun des diagnostics.

Jusqu'à présent, les procédures entourant l'évaluation intellectuelle en autisme se sont surtout appuyées sur les connaissances issues des modèles établis dans la population neurotypique. Cependant, plusieurs indices issus de la recherche laissent croire que l'intelligence se manifesterait autrement chez les personnes autistes.

1.3.1 La prévalence de la déficience intellectuelle en autisme

Depuis les toutes premières études descriptives, il est rapporté que l'autisme est associé à des habiletés qui se démarquent, à des talents particuliers et à une intelligence cachée. Pourtant, jusque dans les années 80, les études épidémiologiques en autisme supposaient que jusqu'à 70% de ces individus avaient un diagnostic comorbide de déficience intellectuelle (Fombonne, 2005; Ritvo et al., 1989). L'amélioration des procédures diagnostiques a remis en question la croyance que l'autisme était nécessairement associé à la déficience intellectuelle (Baio et al., 2018). Aujourd'hui, plusieurs études tentent de mieux différencier ces deux diagnostics (Hepburn & Moody, 2011; Moss & Howlin, 2009; Soorya et al., 2018; Thurm et al., 2019). Cependant, un aperçu de la littérature suggère qu'un désaccord existe toujours quant au pourcentage de déficience intellectuelle en autisme et qu'il est encore difficile de distinguer les enfants autistes ayant un vrai retard développemental s'expliquant par une véritable limitation de l'intelligence de ceux qui ont une fausse déficience intellectuelle avec un potentiel caché. En effet, les taux de prévalence de la comorbidité entre le TSA et la déficience intellectuelle varient énormément d'une étude à l'autre, allant de 13% à 84%

(Baio et al., 2018; Elsabbagh et al., 2012) et de 29% à 37% à l'âge préscolaire (Chakrabarti & Fombonne, 2005; Rivard et al., 2015). L'instabilité des pourcentages de déficience intellectuelle retrouvés dans le TSA pourrait être en partie expliquée par les défis pratiques et méthodologiques inhérents à l'évaluation intellectuelle en autisme, particulièrement à l'âge préscolaire, l'âge du diagnostic.

1.3.2 Les défis de l'évaluation intellectuelle liés au phénotype autistique

Déjà, il peut être difficile pour les cliniciens et chercheurs de mener une évaluation intellectuelle auprès d'enfants neurotypiques d'âge préscolaire. À cet âge, les enfants possèdent des capacités attentionnelles plus limitées et peuvent se montrer moins collaboratifs lors de tâches cognitives structurées (Akshoomoff, 2006). À cela s'ajoutent les particularités propres au phénotype autistique qui peuvent rendre la tâche d'évaluation plus complexe. D'une part, les enfants autistes minimalement verbaux constituent une proportion importante du spectre autistique (de 62% à 77% avant l'âge de 3 ans, et de 25% à 50% entre 3 et 5 ans: Anderson et al., 2007; Magiati et al., 2011; Norrellgen et al., 2014; Pickles et al., 2014; Rose et al., 2016; Wodka et al., 2013; Yoder et al., 2014). Or, l'utilisation du langage est inhérente à la plupart des tests d'intelligence conventionnels, rendant l'utilisation de ces tests difficile auprès d'une proportion importante d'enfants autistes. Les habiletés de langage sous-tendent évidemment les sous-tests verbaux, mais également les sous-tests non verbaux qui requièrent un certain niveau d'habileté en compréhension du langage afin de les compléter adéquatement (Dawson et al., 2007). Ainsi, ces enfants sont souvent perçus (à tort) comme ayant des capacités cognitives réduites ou déficitaires (Hinzen et al., 2019). D'autre part, il a été noté que les enfants autistes ont de la difficulté à pointer, soit une habileté souvent nécessaire afin de montrer la bonne réponse dans les tests d'intelligence conventionnels (Akshoomoff, 2006; Leekam et al., 2007). Ces difficultés d'évaluation liées au phénotype autistique amènent plusieurs chercheurs à exclure de leurs études les enfants qui présentent certaines caractéristiques pouvant rendre plus

difficile l'administration de mesures cognitives (Baum et al., 2014; Russell et al., 2019). Ainsi, ces enfants sont souvent sous-représentés dans la littérature.

1.3.3 L'évaluation de l'intelligence en autisme : L'importance de l'outil de mesure

1.3.3.1 Les écarts de performance aux différents tests et sous-tests

Pour les individus autistes chez qui il est possible de compléter les tests d'intelligence, il a été montré que l'évaluation de l'intelligence est beaucoup plus tributaire de l'instrument de mesure utilisé comparativement aux neurotypiques. En effet, il existe de grands écarts de performance entre les différents tests d'intelligence disponibles en autisme. Il en ressort habituellement un patron de performance caractérisé par des résultats plus faibles à des tests conventionnels et des batteries d'évaluation s'appuyant beaucoup sur les habiletés langagières, ainsi que des résultats plus élevés à des tests de QI non verbaux ou de résolution de problèmes (Courchesne et al., 2019; Courchesne et al., 2015; Dawson et al., 2007; Farmer et al., 2016; Nader et al., 2016; Soulières et al., 2011). Par exemple, une performance supérieure aux Matrices Progressives de Raven comparativement aux échelles de Wechsler a souvent été notée chez les enfants et adultes autistes (Bölte et al., 2009; Charman et al., 2011; Courchesne et al., 2019; Dawson et al., 2007; Nader et al., 2016; Soulières et al., 2011). De plus, certains auteurs ont observé une performance globale significativement plus élevée au Leiter International Performance Scale, une mesure non verbale de l'intelligence, comparativement au Wechsler Intelligence Scale for Children - Revised (Shah & Holmes, 1985), ou au Stanford-Binet Intelligence Scales – 5 (Grondhuis & Mulick, 2013) chez des enfants et adolescents autistes. Finalement, une étude ayant comparé la performance d'enfants autistes d'âge préscolaire à différents tests d'intelligence a démontré le patron de performance suivant : la performance la plus faible a été obtenue au MSEL, suivi du WPPSI-IV, puis des Matrices Progressives de Raven (Courchesne et al., 2019). De plus, cette même étude a démontré que les écarts entre les trois tests

étaient significativement plus importants chez les enfants autistes comparativement à leurs pairs neurotypiques (Courchesne et al., 2019).

Il existe également des écarts de performance importants entre les différentes sous-échelles d'une même batterie de tests (Courchesne et al., 2019; Mayes & Calhoun, 2008; Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012; Soulières et al., 2011). Par exemple, plusieurs auteurs ont noté une force en raisonnement perceptif comparativement aux sous-échelles de compréhension verbale, de mémoire de travail et de vitesse de traitement de l'information au Wechsler (Charman et al., 2011; Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012). De plus, une force particulière au sous-test des Blocs ou des Matrices, ainsi qu'une faiblesse en compréhension sont souvent rapportées (Caron et al., 2006; Courchesne et al., 2019; Ehlers et al., 1997; Mayes & Calhoun, 2008; Mouga et al., 2016; Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012). Un profil cognitif plus homogène est habituellement retrouvé chez les individus neurotypiques (Dawson et al., 2007; Nader et al., 2015). Il semble donc que les personnes autistes soient plus sensibles à la structure du test sur le plan de leur performance.

D'autre part, il y a un écart entre les niveaux de fonctionnement adaptatif et cognitif. Les enfants autistes sans retard intellectuel ont généralement un niveau cognitif significativement plus élevé comparativement au niveau adaptatif (Alvarez et al., 2020; Kanne et al., 2011; Kenworthy et al., 2010; Swineford et al., 2015; Yang et al., 2016). Des résultats inverses sont rapportés dans les études auprès d'échantillons d'enfants et d'adolescents autistes minimalement verbaux ou ayant un quotient intellectuel sous la normale (Bölte & Poustka, 2002; Perry et al., 2009; Rivard et al., 2015; Yang et al., 2016). Cet écart peut devenir particulièrement problématique lorsque vient le temps de statuer sur la présence d'une déficience intellectuelle, puisqu'un retard significatif doit se présenter sur les plans adaptatif et cognitif (APA, 2013). De manière intéressante, les habiletés adaptatives sont souvent mesurées via une entrevue avec les parents.

Contrairement aux cliniciens qui observent l'enfant durant une fenêtre limitée de temps, souvent dans un contexte peu familier, les parents ont l'occasion d'observer leur enfant au quotidien, et peuvent ainsi fournir des informations complémentaires à l'évaluation clinique. Certaines études se sont attardées aux profils de performance aux sous-échelles de mesure adaptatives. Cependant, aucun profil caractéristique de l'autisme n'a pu être mis en lumière à ce jour. Les résultats pointent toutefois vers une certaine tendance, avec les déficits les plus importants dans les domaines de la socialisation et de la communication et les plus hautes performances en motricité et dans les habiletés de la vie quotidienne (Perry et al., 2009; Ray-Subramanian et al., 2011; Ventola et al., 2014). De plus, il a été suggéré que le niveau intellectuel (Balboni et al., 2016; Nevill et al., 2017; Ray-Subramanian et al., 2011) ainsi que l'âge de l'enfant (Kanne et al., 2011; Klin et al., 2007; Mouga et al., 2015) ou encore le type d'échelle de mesure utilisé (Yang et al., 2016) pourraient expliquer les différences de profils adaptatifs observés au sein du spectre autistique.

En somme, l'ensemble des défis reliés à l'évaluation intellectuelle en autisme mentionnés ci-haut pourraient influencer à la baisse leur performance (voire même la rendre impossible) lorsqu'évaluée avec des tests conventionnels. Ceci est particulièrement vrai pour les autistes minimalement verbaux, constituant une proportion importante du spectre autistique à l'âge préscolaire (Anderson et al., 2007; Magiati et al., 2011; Norrellgen et al., 2014; Pickles et al., 2014; Rose et al., 2016; Wodka et al., 2013; Yoder et al., 2014), et souvent perçus comme ayant des capacités cognitives réduites ou déficitaires (Hinzen et al., 2019). Puis, pour les enfants qui sont capables de compléter les tests cognitifs, la performance globale est souvent utilisée afin d'estimer le potentiel intellectuel, et ce, malgré les différences marquées entre les niveaux d'habiletés verbales et non verbales habituellement rapportées en autisme. L'influence de l'outil de mesure sur la performance en autisme contribue probablement au manque de consensus quant à la prévalence de déficience intellectuelle au sein du TSA. Il serait donc important de considérer ces écarts de performance entre les tests et

sous-tests et de considérer les forces et faiblesses de chaque individu autiste lors d'évaluation clinique et en recherche pour une évaluation plus juste et complète de leur potentiel intellectuel.

1.3.4 Trajectoires du développement intellectuel en autisme

Un autre défi rencontré lorsque vient le temps de déterminer le niveau intellectuel chez les enfants autistes est que celui-ci est sujet à changement au fur et à mesure que l'enfant se développe. Ainsi, une évaluation intellectuelle qui se limite à un moment précis dans le développement d'un enfant autiste ne refléterait pas nécessairement ses habiletés intellectuelles plus tard dans son développement (Eaves & Ho, 2004). En effet, une hétérogénéité du développement cognitif caractérise le TSA au courant de la période préscolaire (Dietz et al., 2007), particulièrement vers 2 à 3 ans (Lord & Schopler, 1989a, 1989b). Ainsi, les scores des enfants autistes d'âge préscolaire seraient moins prédictifs des habiletés ultérieures (Kamphaus, 1993). Cette hétérogénéité des trajectoires développementales ne serait pas retrouvée chez les enfants neurotypiques dont le niveau cognitif semble être davantage stable de la petite enfance, jusqu'à l'adolescence (Bornstein et al., 2006; Fagan, Holland, & Wheeler, 2007).

Une diversité de trajectoires cognitives est retrouvée chez les enfants autistes d'âge préscolaire. D'une part, certaines études ont rapporté que le QI est généralement stable à travers le temps. Ce type de trajectoire est souvent retrouvé chez les enfants autistes ayant un niveau intellectuel dans la moyenne ou au-delà (Dietz et al., 2007; Eaves & Ho, 2004; Flanagan et al., 2015; Jonsdottir et al., 2007; Turner et al., 2006). De plus, les enfants ayant un faible QI à l'âge préscolaire ont également tendance à maintenir une trajectoire stable dans le temps (Hedvall et al., 2014; Jonsdottir et al., 2007). Par exemple, Hedvall et al. (2014) ont indiqué que le niveau cognitif semble beaucoup plus stable chez les enfants autistes ayant un QI plus haut que 84 que chez ceux ayant un QI plus bas que 70. Jonsdottir et al. (2007), quant à eux, indiquent qu'une trajectoire

cognitive stable est retrouvée chez la majorité des enfants ayant un score standard de QI plus haut que 85 ou plus bas que 35. Ainsi, une certaine stabilité du niveau intellectuel semble être retrouvée chez les enfants autistes ayant un QI dans les parties supérieures et inférieures de la courbe normale de l'intelligence. Cependant, d'autres études viennent nuancer ces résultats.

D'une part, certaines études ont indiqué que 25% à 30% de leur échantillon avaient une diminution du niveau intellectuel au cours de la période préscolaire (Bishop et al., 2014; Eaves & Ho, 2004; Solomon et al., 2017). Cette diminution de performance était surtout retrouvée chez les enfants ayant un QI situé dans la déficience intellectuelle. Les auteurs expliquent cette diminution par l'utilisation de tests différents à chaque temps de mesure (reflétant davantage l'effet du test plutôt que l'effet de temps de mesure), le type d'échelle utilisé (ratio QI, âge équivalent, QI) ou alors par un manque de gain d'habileté réel à travers le temps (Bishop et al., 2014).

D'autre part, certaines études ont montré une augmentation du niveau intellectuel général au cours de la période préscolaire. Par exemple, Lord et Schopler (1989b) ont mené une étude longitudinale sur l'évolution du niveau cognitif à travers le temps. Ils ont noté une augmentation modérée entre le niveau de base (premier temps de mesure), et 4 ans plus tard auprès de cohortes d'enfants TSA de 2-3 ans (gain de 15 points), 4-5 ans (gain de 12 points) et 6-7 ans (gain de 11 points). Turner et al. (2006) ont quant à eux montré une augmentation de 23 points de QI en moyenne dans un échantillon d'enfants TSA évalués à 2 ans et dont le suivi a été fait à l'âge de 9 ans. Puis, Flanagan et al. (2015) ont mesuré les changements sur le plan des scores de QI entre l'âge du diagnostic (2-4 ans) et le suivi à l'âge de 6 ans dans un large échantillon de 281 enfants autistes. Ils ont aussi trouvé une augmentation de 18 points de QI chez les enfants de 2 ans, 12 points chez les enfants de 3 ans et 9 points chez les enfants de 4 ans. De plus, Dietz et al. (2007) ont indiqué que plus d'un tiers de leur échantillon a eu un gain d'au moins 15 points de QI et que les gains étaient plus importants dans le groupe autiste

que dans le groupe d'enfants neurotypiques. Yang et al. (2010) ont rapporté des résultats similaires et ont mis l'accent sur la nécessité d'interpréter les résultats des tests cognitifs avec prudence. À l'âge scolaire, 24% des enfants satisfont aux critères de la déficience intellectuelle (i.e. des scores standards cognitifs et comportementaux < 70). Parmi ceux qui avaient un retard initialement, 43% obtiennent un score de QI supérieur à 70 à l'âge scolaire. Puis, ceux qui n'avaient pas de déficience à l'âge du diagnostic n'en avaient pas non plus à l'âge scolaire (Yang et al., 2010). Ces résultats sont encourageants puisqu'ils suggèrent que si un enfant autiste se situe en dehors de la déficience intellectuelle au préscolaire, les chances sont qu'il demeure dans cette catégorie à l'âge scolaire. De plus, une proportion importante d'enfants autistes considérés comme ayant un retard développemental au préscolaire s'améliorent à l'âge scolaire. Cette augmentation pourrait être expliquée par le fait que certains enfants non verbaux ou minimalement verbaux à l'âge préscolaire rattrapent leurs habiletés de langage de manière assez spontanée vers 5-6 ans (Gagnon et al., 2021). L'apparition du langage chez certains de ces enfants rend l'évaluation intellectuelle plus facile et aide à diminuer le risque de les sous-estimer à cet âge. De manière intéressante, un survol de la littérature nous permet de remarquer que les enfants ayant un QI faible à l'âge préscolaire, mais ayant une force en non verbal sont ceux qui ont tendance à avoir les plus grandes améliorations de QI à travers le temps (Anderson et al., 2007; Dietz et al., 2007; Eaves & Ho, 2004; Munson, Dawson, Sterling, Beauchaine, Zhou, Elizabeth, et al., 2008; Pickles et al., 2014; Solomon et al., 2017; Thurm et al., 2015), laissant planer l'hypothèse d'un lien prédictif entre les habiletés non verbales et verbales. La plupart des études mentionnées ci-haut ont basé leur évaluation du niveau intellectuel sur des tests de QI conventionnels s'appuyant sur une théorie multidimensionnelle de l'intelligence. C'est-à-dire que l'intelligence générale des enfants autistes était estimée à partir de l'évaluation de différentes capacités cognitives.

Quelques études ont plutôt choisi de s'appuyer sur les Matrices Progressives de Raven afin d'explorer le développement de l'intelligence chez les enfants autistes. Tel que

mentionné plus tôt, les Matrices Progressives de Raven mesurent le raisonnement fluide, considéré comme un pilier de l'intelligence (McGrew, 2009). Ce test est particulièrement adapté pour les enfants autistes, car il ne nécessite aucune consigne ou réponse verbale et toute l'information nécessaire à la réussite de la tâche est disponible. De plus, les Matrices Progressives de Raven sont indépendantes des connaissances antérieures, de la culture ou de la langue (Sinha et al., 2014). Finalement, il a été démontré que ce type de tâche permettrait de révéler le plein potentiel intellectuel des personnes autistes (Courchesne et al., 2019; Courchesne et al., 2015; Sinha et al., 2014), renforçant donc la pertinence d'inclure les Matrices Progressives de Raven lors de l'exploration des trajectoires de l'intelligence en autisme. Les quelques études ayant étudié les trajectoires de l'intelligence fluide à l'aide des Matrices Progressives de Raven ont indiqué que les enfants autistes s'améliorent entre l'âge préscolaire et scolaire (Green et al., 2014; Morsanyi & Holyoak, 2010; Richland et al., 2006; Simms et al., 2018).

Devant les défis liés à l'évaluation intellectuelle en autisme à l'âge préscolaire, certains auteurs ont voulu trouver des mesures alternatives de l'intelligence et indicateurs précoces permettant de prédire leur potentiel intellectuel. Étant donné que le développement des habiletés cognitives de l'enfant fait souvent partie des préoccupations des parents en clinique (Solomon et al., 2017), il est surprenant de constater que si peu d'études se soient penchées sur la question. Pourtant, les marqueurs du développement cognitif chez les enfants neurotypiques sont bien connus (Press, 2015; Scharf et al., 2016). Par exemple, le développement typique d'un enfant d'âge préscolaire comprend l'acquisition de certaines habiletés : à 3 ans, un enfant ayant un développement typique devrait être en mesure de réussir un casse-tête de 6 à 10 pièces, de trier les objets selon les formes et les couleurs, de compter jusqu'à 10, de comprendre les termes temporels, comme aujourd'hui, hier et demain, etc. À 5 ans, un enfant neurotypique devrait être en mesure d'écrire clairement son nom, de copier certaines lettres, distinguer entre l'apparence et la réalité et avoir environ 4000-5000

mots à son vocabulaire (Press, 2015; Scharf et al., 2016). Concernant le développement des habiletés en raisonnement fluide chez les neurotypiques, les premières manifestations des habiletés de raisonnement fluide peuvent apparaître dès l'âge de 2 ans (Halford et al., 1998). Puis, les habiletés de faire des associations entre les concepts émergeraient vers 5 ans (Reverberi et al., 2007). De plus, le raisonnement fluide se développerait rapidement au cours de l'âge scolaire pour se stabiliser vers la fin de l'adolescence (Brett et al., 2002).

Plusieurs habiletés cognitives prédiraient le niveau et le développement de l'intelligence générale et du raisonnement fluide chez les neurotypiques, notamment, la mémoire de travail, les fonctions exécutives et la vitesse de traitement de l'information. En effet, ces trois fonctions cognitives seraient d'importants prédicteurs de l'intelligence (Burns et al., 2009; Conway et al., 2002; Deary, 2012; Fink & Neubauer, 2005; Friedman et al., 2006; Schweizer, 2005; Schweizer & Moosbrugger, 2004; Tillmann et al., 2009; Tourva et al., 2016). L'exposition et l'utilisation du langage semblent également être un prédicteur important de l'intelligence dans le développement neurotypique (Gilkerson et al., 2018; Hart & Risley, 1992, 1995). De tels marqueurs du développement de l'intelligence des personnes autistes semblent beaucoup moins connus. En se basant sur les modèles cognitifs et neurobiologiques en autisme vus précédemment, il est possible de croire que ces marqueurs ne seront probablement pas les mêmes que ceux des enfants neurotypiques, avec un plus grand rôle de la perception au sein du développement cognitif.

1.4 Les habiletés perceptives comme prédicteur de l'intelligence en autisme

1.4.1 Le rôle important de la perception dans la cognition en autisme

Depuis les toutes premières études descriptives, des forces perceptives ont été répertoriées en autisme, et ce à travers plusieurs modalités. Par la suite, plusieurs études

ont confirmé une supériorité dans la modalité tactile (Blakemore et al., 2006; Cascio et al., 2008) et la modalité auditive (Bonnell et al., 2010; Mottron et al., 2000; Stanutz et al., 2014). Pour ce qui est de l'odorat et du goût, peu d'études se sont penchées sur ces modalités et les résultats actuels rapportent une performance similaire entre les autistes et les neurotypiques (Bennetto et al., 2007; Galle et al., 2013). Dans le cadre de la présente thèse, nous nous pencherons spécifiquement sur la modalité visuelle, la plus étudiée et liée à nos objectifs de recherche.

1.4.1.1 Le traitement de l'information perceptive

La perception serait organisée selon trois niveaux faisant référence au type d'information traitée ainsi qu'aux aires corticales impliquées (Cavanagh, 2011). D'abord, il y a le traitement de bas niveau qui fait référence à l'extraction et l'analyse des propriétés psychophysiques simples de l'information et qui relève des aires primaires du cortex. Par exemple, le traitement de bas niveau permet la détection de l'orientation de traits visuels qui composent une image, la détection de contrastes, etc. Ensuite, il y a le traitement intermédiaire qui implique une analyse plus poussée de l'information permettant de combiner différentes caractéristiques d'un objet visuel via les aires associatives du cerveau. Par exemple, le traitement intermédiaire permet de distinguer une forme visuelle de l'arrière-plan. Durant le traitement intermédiaire, l'information peut être analysée selon une stratégie locale ou globale. L'utilisation d'une stratégie locale permet d'analyser les composantes spécifiques d'un stimulus indépendamment les uns des autres. À l'inverse, l'utilisation d'une stratégie globale permet d'analyser un stimulus dans son ensemble, comme un tout. Finalement, le traitement de haut niveau implique les régions antérieures du cerveau et une organisation neuronale plus complexe permettant une reconnaissance et une interprétation des objets et des scènes visuelles. C'est le traitement de haut niveau qui serait impliqué dans la résolution de tâches plus complexes basées notamment sur le raisonnement abstrait.

1.4.1.2 Les particularités neuropsychologiques et comportementales supportant le rôle de la perception dans la cognition autistique.

Plusieurs études montrent des habiletés supérieures pour tous les niveaux de traitement de l'information perceptive chez les autistes, et cette supériorité est notable dès un très jeune âge, parfois même avant le diagnostic. D'abord, les autistes font preuve d'habiletés supérieures pour le traitement de l'information dit de « bas niveau ». Cela se traduit par des capacités de discrimination supérieures des propriétés psychophysiques. Par exemple, un meilleur seuil de discrimination de contrastes est retrouvé chez les adolescents et adultes autistes comparativement aux neurotypiques (Bertone et al., 2005; De Jonge et al., 2007; Keïta et al., 2014).

Ensuite, des forces à des tâches relevant d'un traitement de l'information de niveau intermédiaire ont également été répertoriées dès l'âge préscolaire, telles qu'un temps de réponse plus rapide lors de tâches de recherche visuelle (Cheung et al., 2016; Gliga et al., 2015; Kaldy et al., 2011; O'Riordan et al., 2001; Plaisted et al., 1998) ainsi qu'une détection plus rapide de la cible (Joliffe & Baron-Cohen, 1997; Morgan et al., 2003; Pellicano et al., 2006; Shah & Frith, 1983) ou un plus grand taux d'items réussis (Manjaly et al., 2007) à des tests de figures enchevêtrées. De plus, des performances supérieures ont été montrées à des tâches de rotation mentale ou de construction visuospatiale dans lesquelles les personnes autistes peuvent manipuler les formes mentalement avec précision et rapidité (Caron et al., 2006; Lohman, 2005; Soulières et al., 2011).

Puis, la supériorité du traitement de l'information perceptive se refléterait dans les tâches cognitives dites de « haut niveau » sous forme de forces relatives, voire même absolues dans des tâches de raisonnement visuel complexe et en raisonnement fluide. En effet, nous avons déjà abordé le profil cognitif caractéristique des personnes autistes, avec un écart entre les sous-échelles verbales et les échelles de raisonnement perceptif (Courchesne et al., 2019; Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012), alors que le

profil cognitif des personnes neurotypiques tend à être plus plat (Caron et al., 2006; Joseph et al., 2002). Nous avons également déjà souligné que les personnes autistes présentent une force dans des tâches complexes de raisonnement fluide, où la performance va même souvent jusqu'à dépasser celle des neurotypiques lorsqu'appariés au QI Wechsler (Dawson et al., 2007).

Finalement, quelques études ont émis l'hypothèse d'un lien entre certains comportements stéréotypés retrouvés en autisme et la perception visuelle atypique (p.ex., les explorations visuelles particulières d'objets, regards latéraux, attention marquée pour les détails, intérêt pour certains types d'objets lumineux, en rotation, etc.) (Leekam et al., 2007; Mottron et al., 2006; Zwaigenbaum et al., 2005). Ces comportements sont présents tôt dans le développement et sont plus prévalents en autisme comparativement aux neurotypiques ou autres conditions neurodéveloppementales (Leekam et al., 2007; Mottron et al., 2007; Ozonoff et al., 2008). Certains intérêts restreints retrouvés en autisme font aussi appel à l'implication de processus perceptifs, tels que la littérature, les algorithmes mathématiques, le calcul de calendrier, les intérêts pour les lettres et chiffres. Il a été proposé que ces CIRP perceptifs puissent représenter des manifestations explicites d'une force en perception propre à l'autisme (Barbeau et al., 2013), ainsi qu'être un moyen de traiter l'information visuelle de bas niveau de manière optimale tout en minimisant les sources d'input sensoriel jugées excessives (Kaldy et al., 2011; Mottron et al., 2007).

1.4.1.3 Les substrats neuronaux supportant le rôle de la perception dans la cognition en autisme

Parallèlement, des études en neuroimagerie supportent elles aussi que le rôle de la perception puisse être plus grand dans la cognition en autisme. En effet, l'autisme pourrait être caractérisé par une allocation des ressources fonctionnelles plus grandes dans les régions associées au traitement de l'information visuelle (O'Brien et al., 1994). À l'appui, lors de la résolution de diverses tâches cognitives verbales et non verbales,

les personnes autistes auraient tendance à solliciter les régions cérébrales postérieures (associées à la perception, à l'expertise visuelle et à l'élaboration et à la manipulation d'images mentales). Au contraire, les personnes neurotypiques feraient davantage appel aux régions antérieures telles que les régions frontales et préfrontales (associées aux fonctions exécutives, aux stratégies verbales et à la capacité de générer des hypothèses) (Samson et al., 2011; Soulières et al., 2009). Finalement, il existerait une autonomie plus grande des régions d'expertise visuelle avec une limitation de la synchronie d'activation entre les régions visuelles et les régions des processus de réflexion volontaire et consciente. Ainsi, il y aurait une surconnectivité à l'intérieur des régions visuelles, et une diminution de connectivité entre ces régions et le reste du cerveau, ce qui est cohérent avec ce qui est proposé dans le modèle du SP (Mottron & Burack, 2001; Mottron et al., 2006). En somme, l'ensemble des résultats présentés ci-dessus suggèrent que les autistes s'appuient davantage sur des représentations visuelles et visuospatiales, même dans les tâches habituellement sous-tendues par des représentations verbales.

1.4.2 La perception comme corrélat de l'intelligence

Il a été démontré qu'il existe un lien transversal entre la perception et l'intelligence chez les individus neurotypiques (Mackintosh, 2011) et que cette association existe également chez les individus autistes (Meilleur, Berthiaume, Bertone, & Mottron, 2014; Courchesne et al., 2015; 2019). Par exemple, certains auteurs ont montré une association entre les performances à différentes tâches perceptives auditives et visuelles chez les enfants autistes et neurotypiques (Meilleur et al., 2014). Chez les enfants neurotypiques, la performance aux tâches perceptives était corrélée au QI Wechsler. Cependant, chez les autistes, la performance aux tâches perceptives était indépendante du niveau d'intelligence générale et davantage corrélée aux habiletés de raisonnement fluide. Leurs analyses ont mis en évidence l'existence d'un autre facteur qu'ils ont appelé facteur « p » pour perception. Le facteur « p » serait donc à la base du

fonctionnement cognitif des autistes et des habiletés spéciales liées à la perception (Meilleur et al., 2014). D'autres études ont utilisé la tâche de temps d'inspection afin de démontrer le lien entre la perception et l'intelligence. Le but de cette tâche est de déterminer parmi deux lignes laquelle est la plus longue, puis le temps de présentation varie pour déterminer le temps minimal d'exposition nécessaire à la détection d'une différence. Les personnes autistes sont meilleures à cette tâche que ce qui est prédit par leur QI Wechsler, et sont donc meilleures que les non-autistes lorsqu'appariées au QI Wechsler (Barbeau et al., 2013; Scheuffgen, Happé, Anderson, & Frith, 2000; Wallace, Anderson, & Happé, 2009). Une autre étude a montré que le temps d'inspection était similaire entre les groupes d'enfants autistes et neurotypiques, mais qu'un lien significatif avec la performance aux Matrices Progressives de Raven n'était retrouvé que dans le groupe autiste (Brown & Crewther, 2017). D'autres études ont montré que les habiletés perceptives et visuospatiales sont plus fortement corrélées aux habiletés de raisonnement chez les autistes comparativement aux neurotypiques. En effet, les habiletés visuospatiales (p.ex., au sous-test des Blocs du Wechsler) étaient plus fortement corrélées aux habiletés de raisonnement fluide (p.ex., aux Matrices Progressives de Raven) chez les autistes comparativement à leurs pairs neurotypiques (Colom et al., 2006; Goel, 2007; Meilleur et al., 2014).

Très peu d'études ont cherché directement à comprendre le lien longitudinal entre les habiletés perceptives et l'intelligence en autisme. Celles qui l'ont fait indiquent que le QI non verbal pourrait être indicateur du niveau intellectuel (Munson, Dawson, Sterling, Beauchaine, Zhou, Elizabeth, et al., 2008; Stevens et al., 2000). Par exemple, Stevens et al. (2000) ont utilisé des analyses de cluster afin de créer des sous-groupes d'enfants autistes dans leur échantillon selon différentes caractéristiques (c.-à-d., sévérité des symptômes, vocabulaire réceptif, QI non verbal et habiletés sociocommunicatives). Parmi les 2 sous-groupes trouvés, un plus faible QI non verbal à l'âge préscolaire prédisait un outcome plus faible à l'âge scolaire et vice versa. Par ailleurs, quelques études ont montré que les habiletés non verbales prédisent le développement du langage

en autisme (sans que les deux mesures soient nécessairement concomitantes), et ce, au-delà des habiletés sociocommunicatives (Anderson et al., 2007; Pickles et al., 2014; Thurm et al., 2015). En effectuant des analyses de trajectoires, Anderson et al. (2007) ont trouvé que le QI non verbal prédit une amélioration du niveau langagier chez des enfants autistes de 2 à 9 ans. Pickles et al. (2014), quant à eux, ont observé que le QI non verbal à 2 ans est associé à de meilleures habiletés de langage à 19 ans et que les enfants autistes qui présentaient un QI non verbal plus élevé que le QI verbal à 2 ans sont ceux qui s'amélioraient le plus sur le plan langagier à 19 ans. Puis, Thurm et al. (2015) ont trouvé qu'un QI non verbal plus élevé à 3 ans prédit le développement du langage chez des enfants autistes minimalement verbaux.

Bien que le lien entre le QI non verbal et l'intelligence soit de plus en plus établi, aucune étude à ce jour n'a exploré le rôle des habiletés perceptives au préscolaire comme prédicteur du niveau intellectuel à l'âge scolaire. Pourtant, les habiletés perceptives représenteraient une alternative intéressante aux sous-échelles non verbales des tests cognitifs conventionnels, qui s'appuient sur des habiletés langagières malgré tout. Étant donné le rôle important de la perception dans la cognition en autisme, il serait probable que les habiletés perceptives puissent aider à identifier des signes d'intelligence chez les enfants autistes, particulièrement ceux qui sont minimalement verbaux et qui risquent d'être sous-estimés aux tests d'intelligence usuels.

1.5 Objectifs et hypothèses de recherche

L'évaluation intellectuelle chez les enfants autistes comporte de nombreux défis, résultant souvent en une sous-estimation du potentiel de ces enfants ou leur exclusion des études. Cependant, plusieurs enfants autistes possèdent des capacités cognitives spécifiques, qui souvent, ne se manifestent pas lors de l'utilisation de mesures intellectuelles conventionnelles, ce qui suggère qu'ils possèdent un potentiel intellectuel caché. Mais encore faut-il pouvoir le mesurer. Il serait important de bien

distinguer les enfants autistes avec et sans retard cognitif pour les orienter vers des interventions adaptées à leurs besoins et éclairer les choix méthodologiques en recherche.

Par ailleurs, les enfants autistes suivent souvent des trajectoires développementales atypiques, faisant en sorte qu'il est difficile de bien cerner le niveau intellectuel de l'enfant, surtout en bas âge. Identifier les prédicteurs perceptifs de l'intelligence permettrait une évaluation précoce et plus juste du niveau intellectuel de l'enfant tout en contournant les difficultés rencontrées lors de l'évaluation avec des tests conventionnels, pouvant s'avérer complexes chez de jeunes enfants autistes.

Cette thèse vise à identifier des indicateurs précoces de l'intelligence en autisme, afin de pouvoir estimer le potentiel intellectuel de l'enfant dès l'âge du diagnostic. Dans un premier temps, nous documenterons la relation transversale entre les niveaux cognitif et adaptatif chez les enfants autistes d'âge préscolaire en explorant les résultats globaux et les résultats aux sous-échelles de chaque dimension à l'aide de différentes mesures. Cela nous permettra de mettre en évidence le rôle de la mesure dans les résultats obtenus lors de l'évaluation intellectuelle. Dans un deuxième temps, nous explorerons le rôle des habiletés perceptives et de CIRR perceptifs mesurés à l'âge préscolaire en tant que prédicteurs du potentiel intellectuel et du raisonnement fluide en autisme à l'âge scolaire, dans un contexte longitudinal.

1.5.1 Article 1 : Assessing global developmental delay across instruments in minimally verbal preschool autistic children: the importance of a multi-method and multi-informant approach

Objectifs. Cette étude vise globalement à examiner dans quelle mesure l'utilisation de différents instruments pour définir un retard global de développement affecte la composition de l'échantillon en autisme (e.g., performance moyenne de groupe, prévalence de retard global de développement au sein du TSA) ainsi que les profils

cognitifs et adaptatifs résultants. Plus précisément, nous avons cherché à (a) comparer les niveaux et profils cognitifs et adaptatifs des enfants autistes d'âge préscolaire sur deux outils largement utilisés (MSEL et VABS) par rapport aux profils observés chez les enfants neurotypiques, (b) comparer les profils cognitifs et adaptatifs de sous-groupes d'enfants autistes d'âge préscolaire 1) avec à la fois MSEL et VABS ≥ 70 , 2) avec MSEL < 70 mais VABS ≥ 70 , et 3) avec à la fois MSEL et VABS < 70 .

Hypothèses. Dans notre groupe neurotypique, nous nous attendons à ce que les performances soient similaires entre le MSEL et le VABS, ainsi qu'entre les sous-échelles d'un test. Dans notre groupe autiste, nous nous attendons à ce que (a) le score global au VABS soit supérieur au score global au MSEL et que les profils adaptatifs et cognitifs reflètent la force habituelle à la sous-échelle visuelle et les faiblesses aux sous-échelles mesurant le langage. (b) Dans les sous-groupes autistes, nous nous attendons à ce que ceux qui ne répondent aux critères d'un retard global de développement sur aucun des tests aient des scores moyens sur toutes les sous-échelles, mais montrent toujours le pic distinctif de capacité sur la sous-échelle visuelle. Ceux qui ont obtenu un score déficitaire au MSEL uniquement devraient avoir une faiblesse aux sous-échelles linguistiques, mais montrer un pic d'habiletés à la sous-échelle visuelle ou des habiletés capturées dans les entretiens avec les parents (c'est-à-dire au VABS). Ceux qui répondaient aux critères de retard global de développement aux deux tests devraient avoir des profils cognitifs et adaptatifs faibles et relativement plats.

1.5.2 Article 2 : Trajectories and perceptual precursors of intelligence in minimally verbal autistic children from preschool to school age

Objectifs. Nos principaux objectifs sont (a) d'examiner si certaines capacités perceptives ou certains CIRP perceptifs, mesurés à l'âge préscolaire, peuvent prédire le niveau et le développement de l'intelligence générale et de l'intelligence non verbale à l'âge scolaire; (b) d'explorer si ces prédicteurs perceptifs sont spécifiques à l'autisme ou partagés avec le groupe neurotypique.

Hypothèses. Nous nous attendons à ce que (a) les prédicteurs perceptifs mesurés à l'âge préscolaire prédisent positivement le niveau intellectuel général et non verbal dans les deux groupes et (b) les associations retrouvées entre les prédicteurs perceptifs et les mesures de l'intelligence (particulièrement non verbale) devraient être plus fortes dans le groupe autiste que dans le groupe neurotypique.

1.6 Survol de la méthodologie commune aux deux articles de la thèse

Les articles de la thèse s'inscrivent dans un projet de recherche plus large se déroulant à l'Hôpital en santé mentale Rivière-des-Prairies et visant globalement à optimiser l'évaluation du potentiel intellectuel chez les enfants autistes d'âge préscolaire en caractérisant leurs profils cognitif et adaptatif à différentes mesures (décrites au sein des chapitres de thèse suivants). Ainsi, les échantillons des deux articles de cette thèse ont été composés à partir du même bassin de participants, malgré des critères d'inclusion et d'exclusion propres à chaque article.

Le bassin de participants disponible pour les articles de cette thèse comprend une cohorte d'enfants âgés de 2 à 5 ans et ayant un diagnostic d'autisme ou un développement typique. Ces enfants ont été suivis de manière longitudinale en 3 phases, chacune espacée d'un an, au cours desquelles diverses mesures cognitives, adaptatives, développementales et perceptives sont administrées. Les enfants des deux groupes présentant des problèmes moteurs ou sensoriels importants et susceptibles d'interférer avec la passation des mesures cognitives ou adaptatives ont été exclus.

1.6.1 Participants

1.6.1.1 Groupe TSA

Tous les enfants recevant un diagnostic de TSA à la clinique d'évaluation diagnostique du TSA de l'Hôpital Rivière-des-Prairies ont été invités à faire partie de la banque de

données et de participants Autisme-Hôpital en santé mentale Rivière-des-Prairies. Tous les enfants dont les parents ont signé le formulaire de consentement pour la banque de données et se situant dans l'intervalle d'âge recherché (2 à 5 ans) ont été sollicités pour participer au projet de recherche. Le diagnostic de TSA a été basé sur les critères de l'Autism Diagnosis Interview – Revised (ADI-R) (Lord, Rutter, & Couteur, 1994) et de l'Autism Diagnosis Observation Schedule - Generic (ADOS-G) (Lord et al., 2000), ainsi que sur le jugement clinique d'une équipe multidisciplinaire de cliniciens experts dans le domaine de l'autisme.

1.6.1.2 Groupe neurotypique

Les enfants du groupe neurotypique ont été recrutés par le biais d'annonces affichées dans quelques centres de la petite enfance et garderies de la région de Montréal. Les parents ayant signé le formulaire de consentement pour que leur enfant participe au projet de recherche ont également rempli un questionnaire sociodémographique pour s'assurer que l'enfant ne présente pas de troubles développementaux ou neurologiques. L'enfant devait avoir entre 2 et 5 ans pour faire partie du projet de recherche.

1.6.2 Procédure

Le projet de recherche plus large dans lequel s'inscrit la présente thèse est divisé en trois phases d'évaluation.

1.6.2.1 Phase 1

La phase 1 du projet comporte en moyenne trois séances d'évaluation lors desquelles différentes mesures cognitives, développementales, perceptives et adaptatives sont administrées, en plus d'une situation de stimulation et de jeu filmée. Les trois séances sont réparties sur différents jours et durent environ 1h chacune. Les parents sont aussi contactés pour une entrevue téléphonique afin de compléter le VABS. Lors de la première séance d'évaluation, le formulaire de consentement est d'abord expliqué aux

parents. Une fois le consentement signé, nous commençons l'administration des mesures suivantes: MSEL, WPPSI-IV, les Matrices Progressives de Raven Couleurs, CEFT, tâche de recherche visuelle. Le MSEL est le test généralement administré en premier, afin de maximiser le nombre d'enfants ayant complété cette mesure. L'ordre d'administration des autres mesures est contrebalancé. Toutes les mesures sont administrées par des assistantes et assistants de recherche formés (étudiant(e)s à la maîtrise ou au doctorat en psychologie). La première séance de cette phase se termine avec une situation de stimulation et de jeu filmée de 30 minutes afin d'évaluer la fréquence des CIRR.

L'administration des différentes mesures, ainsi que de la situation de stimulation et de jeu filmée se déroule à l'Hôpital Rivière-des-Prairies dans un local d'évaluation aménagé pour les jeunes enfants (la table et les chaises sont à la hauteur de l'enfant). La longueur des séances varie en fonction des capacités attentionnelles de l'enfant. À la fin de chaque séance, l'enfant peut choisir un petit jouet dans un coffre à surprises. Afin d'obtenir la performance maximale de l'enfant, les items administrés en fin de séance, alors que le niveau d'attention n'est pas optimal, sont essayés à nouveau au début de la séance suivante au besoin.

Les tests neuropsychologiques sont administrés en utilisant une « évaluation flexible » (Courchesne et al., 2019). Cette méthode a pour but de maximiser le nombre d'items administrés en une séance. Pour ce faire, nous administrons les items d'une mesure donnée jusqu'à ce que l'enfant soit inattentif pour une raison ou une autre, puis nous changeons de mesure aussi souvent que nécessaire pendant la séance selon les intérêts de l'enfant. Par exemple, si l'enfant n'est plus attentif lors des items du WPPSI-IV, nous changeons de mesure et passons à la tâche de recherche visuelle. De plus, nous portons attention à ce que l'enfant fait spontanément pour évaluer ses habiletés. Par exemple, si on demande à l'enfant d'imiter une construction de blocs et qu'il les empile

plutôt pour former une tour, l’item de l’échelle « motricité fine » du MSEL évaluant la capacité de l’enfant à empiler des blocs est considéré réussi.

Durant l’évaluation de l’enfant, les parents remplissent le questionnaire sociodémographique.

1.6.2.2 Phases 2 et 3

Lors de la signature du consentement à la phase 1, les parents ont l’option d’être rappelés l’année suivante afin de participer aux phases ultérieures du projet. Chaque phase est espacée d’un an environ et suit une procédure similaire à celle de la phase 1, avec un sous-ensemble des mesures utilisées à la phase 1, pour réduire le nombre de séances requises. Ainsi, deux séances d’évaluation d’une heure avec l’enfant sont généralement suffisantes pour compléter le WPPSI-IV, les Matrices Progressives de Raven Couleurs, le CEFT, la tâche de recherche visuelle et l’Échelle de vocabulaire en images Peabody. Une entrevue téléphonique avec le parent pour remplir le VABS est conduite séparément. La situation de stimulation et de jeu n’est pas effectuée au cours des phases 2 et 3, car les jouets qui y sont présentés sont choisis spécifiquement pour intéresser les jeunes enfants d’âge préscolaire, et sont moins susceptibles d’intéresser les enfants aux phases ultérieures.

CHAPITRE II

ARTICLE 1 : ASSESSING GLOBAL DEVELOPMENTAL DELAY ACROSS INSTRUMENTS IN MINIMALLY VERBAL PRESCHOOL AUTISTIC CHILDREN : THE IMPORTANCE OF A MULTI-METHOD AND MULTI- INFORMANT APPROACH

Girard, D.^{1,2}, Courchesne, V.^{1,3}, Degré-Pelletier, J.^{1,2}, Letendre, C.^{1,2}, Soulières, I.^{1,2}

¹ Autism Research Group, CIUSSS du Nord-de-l'île-de-Montréal, Hôpital en santé
mentale Rivière-des-Prairies, Montréal, Canada

² Department of Psychology, University of Quebec in Montreal, Montréal, Canada,

³ Center for Addiction and Mental Health and The Hospital for Sick Children,
Department of Psychiatry, University of Toronto, Toronto, Canada

Article publié dans la revue *Autism Research*, doi: 10.1002/aur.2630

2.1 Abstract

Intellectual assessment in preschool autistic children bears many challenges, particularly for those who have lower language and/or cognitive abilities. These challenges often result in underestimation of their potential or exclusion from research studies. Understanding how different instruments and definitions used to identify autistic preschool children with global developmental delay (GDD) affect sample composition is critical to advance research on this understudied clinical population. This study set out to examine the extent to which using different instruments to define GDD affects sample composition and whether different definitions affect resultant cognitive and adaptive profiles. Data from the Mullen Scales of Early Learning (MSEL) and the Vineland Adaptive Behavior Scales – Second Edition (VABS), a parent-report tool, were analyzed in a sample of 64 autistic and 73 neurotypical children (28–69 months). Our results highlight that cognitive assessment alone should not be used in clinical or research practices to infer a comorbid diagnosis of global developmental delay, as it might lead to underestimating autistic children’s potential. Instead, using both adaptive and cognitive levels as a stratification method to create subgroups of children with and without GDD might be a promising approach to adequately differentiate them, with less risk of underestimating them.

Keywords : Adaptive functioning, Autism, Intelligence, Minimally verbal, Mullen Scales of Early Learning, Nonverbal skills, Vineland Adaptive Behavior Scale

2.2 Introduction

The Autism Spectrum Disorder (ASD) diagnosis is often done early in childhood and must specify whether there is an accompanying intellectual disability (ID), or global developmental delay (GDD) in preschool children, the accepted cut-off being an IQ below 70 (APA, 2013). A valid assessment of intellectual level is particularly important at preschool age (i.e., 2-5 years), as it usually is the period of diagnostic assessment in autistic children. The results of the intellectual evaluation, including both cognitive and adaptive functioning, have implications not only for clinical decision-making about the presence of ID, but also for educational planning, access to public services, and designing interventions adapted to the specific needs of the child (Eagle, 2002; Zachor & Ben-Itzhak, 2010). Intellectual assessment also plays a determinant role in autism research. Indeed, many studies use IQ tests as a proxy of intelligence to determine the prevalence of ID, to create subgroups of autistic individuals with and without ID and to better distinguish the etiology of autism versus ID.

To assess ID in their sample, researchers will often use various cognitive tools in the same sample and then combine the results, assuming that all cognitive tests are reliable proxies of intelligence in autism, and that they are all measuring the same construct. This method has been seen in most epidemiological (e.g., Baio et al., 2018), genetic (e.g., Chawner et al., 2020; D'Angelo et al., 2016), and even studies specifically focused on cognition in autism (e.g., Alvarez et al., 2020; Charman et al., 2011; Kenworthy et al., 2010; Klin et al., 2007; Perry et al., 2009; Tillmann et al., 2019). However, it is well established now that the choice of tool has an impact on the score it yields in school-aged and adult autistics (Courchesne et al., 2015; Dawson et al., 2007; Farmer et al., 2016; Nader et al., 2016; Soulières et al., 2011), usually with a poorer performance on conventional and language loaded batteries and a higher performance when using nonverbal IQ or problem-solving tasks. It has also been demonstrated that autistic individuals show uneven performances across the subscales

within a test (e.g., Mayes & Calhoun, 2008; Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012; Soulières et al., 2011). Furthermore, it has been shown that it is difficult for examiner to conduct valid intellectual assessment with autistic children, particularly at preschool age, as among other reasons they tend to spend more time displaying off-task behaviors and less time engaged in the assessment compared to neurotypical (NT) children (Akshoomoff, 2006). Finally, available tests to assess IQ at the age of diagnosis mostly consist of developmental scales in which items are arranged in order of increasing difficulty according to the *typical* sequence of development. Intelligence estimates based on constructs established using typical samples may not accurately represent the full range of abilities of young autistic children, whose developmental paths are often atypical (Eagle, 2002).

Such testing challenges may lead to negatively biased estimates of their intellectual level (Akshoomoff, 2006; Courchesne et al., 2019; Courchesne et al., 2015), especially in minimally or nonverbal autistic children who constitute an important proportion of preschool autistic children (from 62% to 77% before age 3, and from 25% to 50% between 3 and 5 years: Anderson et al., 2007; Magiati et al., 2011; Norrellgen et al., 2014; Pickles et al., 2014; Rose et al., 2016; Wodka et al., 2013; Yoder et al., 2014). Because of their language difficulties and testing challenges, these children are often seen as intellectually disabled (Hinzen et al., 2019). Yet, Bal et al. (2016) demonstrated that about half of their sample of minimally verbal autistic children had higher nonverbal IQ than predicted by their verbal abilities.

In light of the challenges that come with intellectual assessment and the lack of consensus on how to measure ID in preschool autistic children, some authors turned their attention to finding a more accurate measure of autistic intelligence. It has been suggested that the use of visuospatial and abstract reasoning abilities – central to the concepts of fluid and general intelligence – could be better measures of intellectual potential in school-aged autistic children (Nader et al., 2015). Nonverbal IQ is

increasingly used instead of Full Scale IQ in autism research (e.g., Bal et al., 2016; Goldberg et al., 2011). Indeed, as mentioned above, it is well established in autism research that there are peaks of abilities on nonverbal subscales and lower performances on verbal subscales, making the interpretation of the global score less relevant (e.g., Bal et al., 2016; Mayes & Calhoun, 2008; Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012; Soulières et al., 2011). Using intellectual assessment tools that rely less on language, and more on perception and logical reasoning may help access a more accurate portrait of cognitive abilities - or intellectual potential - in autistic children, particularly minimally or nonverbal ones.

Adaptive level also plays an integral role in intellectual assessment as it helps tracking developmental gains and identifying appropriate educational and habilitative goals (Tassé et al., 2012). Adaptive abilities are often measured through parent-report questionnaires (e.g., Alvarez et al., 2020). Such measures could be more representative of the child's potential, parents having access to their full range of abilities as opposed to a clinician evaluating the child in an unnatural context one or a few times only. In fact, DSM-5 clearly specifies that one must have both cognitive and adaptive levels in the delay range to meet the criteria of an ID diagnosis, or global developmental delay diagnosis for preschool children.

Some studies compared global adaptive behavior skills to cognitive abilities in autistic individuals and showed that these indices are generally correlated in autistic school-aged children, teenagers and adults (Alvarez et al., 2020; Kanne et al., 2011; Kenworthy et al., 2010; Swineford et al., 2015; Yang et al., 2016). However, adaptive scores are generally lower than what is predicted by the cognitive estimates in autistic individuals with an IQ level in the normal range (Alvarez et al., 2020; Bölte & Poustka, 2002; Charman et al., 2011; Kenworthy et al., 2010; Klin et al., 2007; Krapar et al., 2017; Tillmann et al., 2019; Yang et al., 2016). To the contrary, the few studies focusing on autistic individuals with lower IQ or those who are minimally verbal have

shown that autistic children (Perry et al., 2009; Rivard et al., 2015; Yang et al., 2016) and adolescents (Bölte & Poustka, 2002) are more likely to exhibit adaptive behavior skills equal to or above their intellectual level.

The current lack of consensus surrounding intellectual assessment in autism affects methodological choices and impacts the quality of research in this specific population. First, it may contribute to the instability of research results regarding the prevalence of ID across the spectrum. Currently, the percentage of ASD-ID comorbidity varies from 13% to 84% (Baio et al., 2018; Elsabbagh et al., 2012) and from 29% to 37% at preschool age (Chakrabarti & Fombonne, 2005; Rivard et al., 2015). This lack of consensus may also prevent researchers from accurately documenting the diagnosis of participants in their studies and contribute to the current genetic overlap between autism and ID. To date, most genes associated with autism are also associated with ID, so it is not clear which genes are involved in each condition (Myers et al., 2018). Finally, the difficulty inherent to intellectual assessment of minimally verbal autistic children contributes to the wrongly-assumed belief that they are intellectually disabled (Hinzen et al., 2019) and leads many researchers to exclude these children from studies. Indeed, a recent meta-analysis including 301 studies in autism showed that only 6% of participants met criteria for ID (Russell et al., 2019). In sum, the choice of intellectual assessment tool has an impact on the results we get in terms of measure IQ level and proportion of children with and without GDD or ID. However, it remains unknown how differences in stratification methods and tools affect sample characteristics (e.g., subgroups of children with and without GDD/ID) and interpretation of results in autistic preschool children.

Attempts have been made to investigate subgroups of preschool autistic children based on IQ level and to explore the different patterns of peaks and troughs that emerged on standardized assessment. Among studies describing the cognitive profile of preschool autistic children, one found a flat profile with very low scores on both verbal and

nonverbal subscales (Munson, Dawson, Sterling, Beauchaine, Zhou, Elizabeth, et al., 2008). Others found a peak of ability on nonverbal subscales and a weakness on verbal subscales among autistic children with limit or low-average IQ (Courchesne et al., 2019; Landa & Garrett-Mayer, 2006; Munson, Dawson, Sterling, Beauchaine, Zhou, Elizabeth, et al., 2008). Finally, there was a subgroup of autistic children with average verbal and non-verbal scores, with no weakness on language subscales, and with a peak of ability on the visual skills subscale (Munson, Dawson, Sterling, Beauchaine, Zhou, Elizabeth, et al., 2008). Overall, these results suggest that different patterns of cognitive strengths and weaknesses might emerge depending on the IQ level of the child.

Studies focusing on adaptive profiles have not yet succeeded in finding a characteristic autistic adaptive profile. However, the largest deficits are commonly observed in functional Socialization Skills and/or Communication Skills and higher performances are found in Motor Skills and/or Daily Living Skills (Perry et al., 2009; Ray-Subramanian et al., 2011; Ventola et al., 2014).

While the abovementioned studies provided relevant information about the impact of IQ level on the cognitive and adaptive profiles, none of them directly compared both the cognitive and adaptive profiles in the same sample of autistic children. Including both cognitive and adaptive measures in the same sample of preschool children appears necessary to adequately assess the impact of chosen stratification method to create GDD subgroups on the obtained subsamples' characteristics and profiles. Understanding how different instruments and definitions used to identify autistic preschool children with GDD affect sample composition is critical to advance research on this understudied clinical population.

This study set out to examine the extent to which using different instruments to define GDD subgroups affects subsample composition and whether different definitions affect resultant cognitive and adaptive profiles. Specifically, we aimed to (a) compare the

cognitive and adaptive levels and profiles of preschool autistic children on two widely used tools (Mullen Scales of Early Learning [MSEL] and Vineland Adaptive Behavior Scales [VABS]) relative to the profiles observed in NT children, and (b) compare the cognitive and adaptive profiles of preschool autistic children 1) with both MSEL and VABS ≥ 70 , 2) with MSEL < 70 but VABS ≥ 70 , and 3) with both MSEL and VABS < 70 , e.g., GDD. In our NT group, we expected that the performance would be similar across MSEL and VABS, as well as across subscales within a test. In our autistic group, we expected that (a) VABS global score would be higher than MSEL global score and that the adaptive and cognitive profiles would reflect the usual strength on the visual subscale and weaknesses on language subscales. (b) In the autistic subgroups, we expected that those who meet criteria for GDD on none of the tests would have average scores on all subscales, but still show the distinctive peak of ability on the visual subscale. Those who met GDD criteria on MSEL only should have a weakness on language subscales, but show strengths on some subscales (i.e., visual subscale) or reflected in parents' reports (i.e., on VABS). Those who met criteria for GDD on both tests should have low and relatively flat cognitive and adaptive profiles.

2.3 Methods

This study was formally approved by the research ethics review board of Rivière-des-Prairies Hospital (protocol MP-HRDP-13-01P). Informed written consent was obtained from parents prior to participation.

2.3.1 Participants

A total of 137 children (64 autistic and 73 NT) were assessed in this study. The parents of children aged 24 to 69 months who received an ASD diagnosis at the specialized assessment clinic at Rivière-des-Prairies Hospital between January 2014 and March 2020 were invited to participate in this study. ASD diagnoses were based on gold

standard instruments and expert clinician judgment. There were no exclusion criteria for this group except having an identified associated genetic disorder or having an important motor delay (equivalent age < 18 months). Of the 64 autistic children, 54 (at least 84% of our sample) were considered minimally verbal as they were assessed using Toddler Module or Module 1 on ADOS-2 (Lord et al., 2012) or ADOS-G (Lord et al., 2000). 3 children were assessed using Module 2 on ADOS-G or ADOS-2 and used phrased speech at time of their diagnosis. Seven children received an ASD diagnosis based on multidisciplinary clinical judgement, but ADOS information was not available. All 64 autistic children were included in the analyses. For more information on diagnosis data, please see Table S2.1 in the supporting information.

Age-matched NT participants were recruited in daycare centers of the same geographic area. The NT group included children without any developmental or neurological condition and with no ASD diagnosis in siblings. It was not possible to match them on IQ level with the autistic group. However, the aim of this paper was not to directly compare the performance between NT and autistic children. The inclusion of the NT group rather constitutes a reference group, showing what is usually expected regarding their respective adaptive and cognitive levels and profiles.

A sociodemographic questionnaire was used to collect information about participants' families such as family income, parental level of education and ethnicity. Table 2.1 presents this information.

2.3.2 Materials and procedure

All measures were administered by trained graduate students in psychology. Adaptive behavior was assessed through a phone interview with a caregiver using the VABS, Second Edition, Survey Form (Sparrow & Cicchetti, 2005), a standardized semi-structured interview including four domains: Communication, Daily Living Skills, Socialization and Motor Skills.

Table 2.1 Family sociodemographic information

Sample Size	Autistics (n = 64)		NT (n = 73)	
	n	%	n	%
Family income				
Below \$29,999	13	20.3	4	5.5
\$30,000 to \$49,999	17	26.6	6	8.2
\$50,000 to \$69,999	7	10.9	5	6.8
\$70,000 to \$89,999	5	7.8	11	15.1
\$90,000 to \$119,999	2	3.1	9	12.3
Over \$119,999	1	1.6	28	38.4
Missing or N.A.	19	29.7	10	13.7
Parental level of education	n mother (%)	n father(%)	n mother (%)	n father (%)
Some high school	5 (7.8)	3 (4.7)	0 (0.0)	1 (1.4)
High school	9 (14.1)	7 (10.9)	4 (5.5)	10 (13.7)
College	10 (15.6)	12 (18.8)	18 (24.7)	14 (19.2)
Undergraduate	20 (31.3)	13 (20.3)	17 (23.3)	26 (35.6)
Graduate	1 (1.6)	8 (12.5)	21 (28.8)	9 (12.2)
Missing or N.A.	19 (29.7)	21 (32.8)	13 (17.8)	13 (17.8)
Ethnicity	n mother (%)	n father(%)	n mother (%)	n father (%)
Black	12 (18.8)	12 (18.8)	5 (6.9)	5 (6.9)
East/Southeast Asian	1 (1.6)	1 (1.6)	0 (0.0)	0 (0.0)
Latin American	4 (6.3)	2 (3.2)	0 (0.0)	1 (1.4)
Middle Eastern	18 (28.1)	18 (28.1)	4 (5.5)	4 (5.5)
White	9 (14.1)	11 (17.2)	54 (74.0)	52 (71.2)
Missing or N.A.	20 (31.3)	20 (31.3)	10 (13.7)	11 (15.1)

Cognitive functioning was assessed using the MSEL (Mullen, 1995), a direct and formal assessment, which is composed of five subtests: Gross Motor, Visual Reception, Fine Motor, Expressive Language, and Receptive Language. In this study, we did not use the Gross Motor Skills subtest because it is only normed for children under 3 years of age. Although the MSEL is technically a developmental assessment, it remains one of the most commonly used tests in research when assessing cognitive level in preschool autistic children (e.g., Ankenman et al., 2014; Landa & Garrett-Mayer, 2006; Munson, Dawson, Sterling, Beauchaine, Zhou, Koehler, et al., 2008; Swineford et al., 2015). All participants were individually tested with MSEL in an evaluation room at the hospital.

2.3.3 Analyses

All analyses were performed using SPSS 27.0, with a significance level of $p < 0.05$, and Bonferroni correction for multiple comparisons was applied where needed. Effect sizes are reported as partial eta squared for all analyses of variance. There was a relatively small positive asymmetry in the distribution of the MSEL global and subscale scores (except for Visual Reception subscale) in the autistic group, indicating that some of these children (33%) tended to have the lowest scores on the MSEL. There was also a positive asymmetry on the VABS motor subscale. As ANOVAs are considered fairly robust to deviation from normality (Field, 2013), we carried on the analyses.

To explore the relationship between MSEL and VABS global standard scores ($M = 100$; $SD = 15$) in autistic and NT children, we first ran a Pearson's correlation within each group. Then, MSEL versus VABS global scores were compared in both groups using a 2 (Tests) x 2 (Groups) Mixed ANOVA.

To explore the cognitive and adaptive profiles (standard scores: $M = 100$; $SD = 15$) of autistic and NT children, we used two 4 (Subscales) x 2 (Groups) Mixed ANOVAs.

Standard scores on MSEL subscales were derived from mean T-scores. Huynh-Feldt correction was used when Mauchly's test of sphericity indicated that the assumption of sphericity was violated. Bonferroni correction for multiple comparisons was applied (sig $p < 0.008$).

We then ran descriptive statistics to determine the proportion of autistic children (a) without delay on both MSEL and VABS (both ≥ 70), (b) with MSEL < 70 but VABS ≥ 70 , (c) with GDD (MSEL and VABS < 70).

Finally, to explore the cognitive profiles of the abovementioned three autistic subgroups, we chose to perform Friedman and Kruskal-Wallis tests because the homogeneity of variance assumption was violated, preventing us from running a Two-Way Mixed ANOVA. A Bonferroni correction for multiple comparisons (sig $p < 0.008$) was applied. As for the adaptive profile analyses, we used a 4 (Subscales) x 3 (Groups) Mixed ANOVA. Huynh-Feldt correction was used when Mauchly's test of sphericity indicated that the assumption of sphericity was violated. Bonferroni correction for multiple comparisons was applied (sig $p < 0.008$).

2.4 Results

2.4.1 Comparing the cognitive and adaptive levels and profiles of preschool autistic children on MSEL and VABS relative to the profiles observed in NT children

2.4.1.1 Association between cognitive and adaptive levels

In the autistic group, there was a statistically significant, strong positive correlation between cognitive and adaptive level, $r(62) = 0.55, p < 0.0005$, with cognitive level explaining 30% of the variance in adaptive level. In the NT group, there was a statistically significant, moderate positive correlation between cognitive and adaptive level, $r(71) = 0.32, p = 0.006$, with cognitive level explaining 10% of the variation in

adaptive level. Figure 2.1 illustrates the distribution of autistic and NT children on adaptive and cognitive measures.

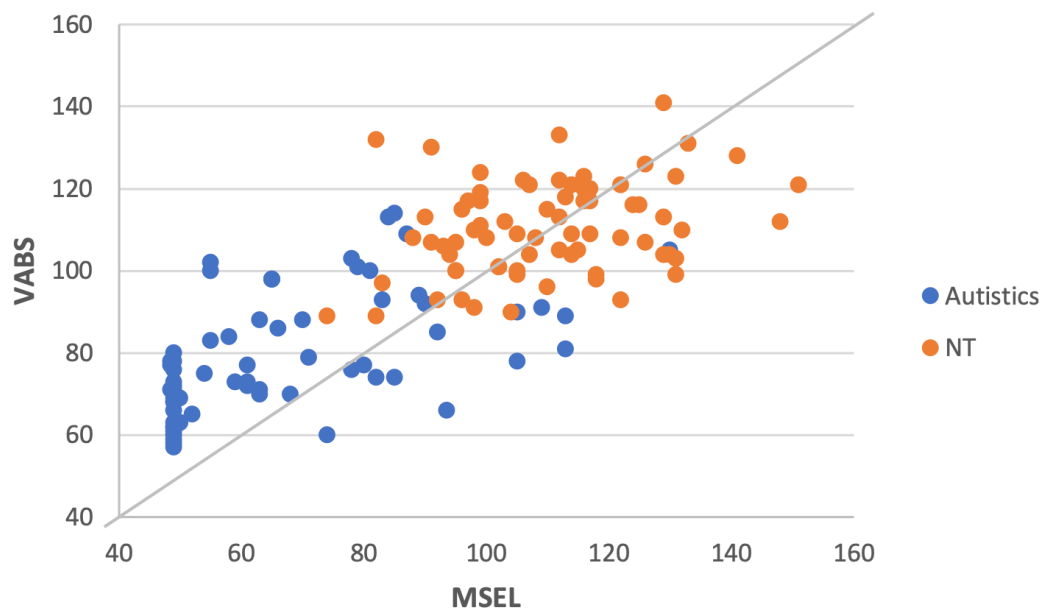


Figure 2.1 Distribution of autistic and NT children on adaptive behaviors and cognitive measures. The diagonal axis represents equivalent performance on both tests, and separates those for whom VABS performance > MSEL performance (upper left) from those for whom MSEL performance > VABS performance (lower right).

2.4.1.2 Comparison of cognitive and adaptive levels

There was a statistically significant Test X Group interaction on the global score of each test, $F(1, 135) = 16.26, p < 0.0005$, partial $\eta^2 = 0.108$. Simple main effect analyses showed that the adaptive level was higher than cognitive level in the autistic group, $F(1, 63) = 30.07, p < 0.0005$, partial $\eta^2 = 0.323$. However, in the NT group, there was no effect of Test on global score, $F(1, 72) = 0.03, p = 0.858$, partial $\eta^2 = 0.000$. The means and standard deviations on MSEL and VABS, and between-group differences are presented in Table 2.2.

Table 2.2 Mean standard scores and SD on MSEL and VABS for the autistic and NT groups

Sample Size	Autistics (n = 64)		NT (n = 73)		p
	M	SD	M	SD	
Age (months)	52.3	(9.4)	49.0	(10.2)	0.051
Age range	29.5-68.5		28.0-69.5		
Gender (F: M)	13: 51		40: 33		
SES†	-0.44	0.62	0.29	0.75	< 0.0005
MSEL					
Global score	67.0	20.5	110.3	11.6	< 0.0005
Visual Reception	81.1	26.7	109.6	16.4	< 0.0005
Fine Motor	69.9	19.1	106.7	17.0	< 0.0005
Receptive Language	68.8	19.9	105.5	13.0	< 0.0005
Expressive Language	64.8	16.4	109.4	16.2	< 0.0005
VABS					
Global score	79.0	14.6	110.7	11.6	< 0.0005
Communication	76.3	17.0	107.2	11.0	< 0.0005
Daily Living Skills	83.9	16.0	109.3	11.1	< 0.0005
Socialization	80.6	15.0	115.1	13.6	< 0.0005
Motor Skills	85.1	16.1	104.8	12.6	< 0.0005

†Standardized scores (Z-scores) of maternal and paternal years of education, and family income were averaged in order to create a family SES indice.

2.4.1.3 Cognitive profile in autistic and NT children

There was a statistically significant interaction between the MSEL subscales and groups on the performance, $F(2.729, 368.350) = 9.99, p = 0.002$, partial $\eta^2 = 0.069$. In the autistic group, simple effect analyses showed uneven performance across MSEL

subscales, $F(2.672, 168.364) = 19.59, p < 0.0005$, partial $\eta^2 = 0.237$. The performance on the Visual Reception subscale was higher compared to Fine Motor, Receptive language and Expressive Language subscales, all $ps < 0.0005$. In the NT group, there was no statistically significant effect of MSEL subscales on the performance, $F(2.750, 148.804) = 2.18, p = 0.097$, partial $\eta^2 = 0.029$ (see Figure 2.2).

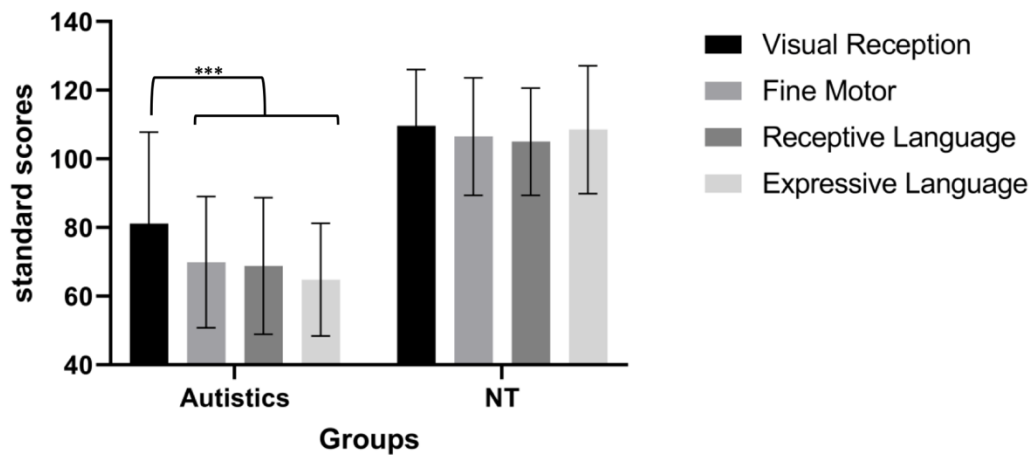


Figure 2.2. Cognitive profiles (mean standard scores and SD) of autistic and NT children on MSEL. *** $p < 0.001$

2.4.1.4 Adaptive profile in autistic and NT children

There was a statistically significant interaction between the VABS subscales and Groups on the scores, $F(3, 405) = 16.221, p < 0.0005$, partial $\eta^2 = 0.107$. Simple effect analyses showed that the performance on VABS subscales was uneven in the autistic group, $F(2.869, 180.758) = 9.631, p < 0.0005$, partial $\eta^2 = 0.133$. The performance on Communication subscale was lower than that on Daily Living Skills and Motor Skills subscales (both $p < 0.0005$). In the NT group, there was also a statistically significant effect of subscales on the performance, $F(2.787, 200.631) = 19.48, p < 0.0005$, partial

$\eta^2 = 0.213$. The performance on Socialization subscale was higher compared to Communication, Daily Living Skills and Motor Skills subscales (all $p < 0.0005$). Also, the performance on Daily Living Skills subscale was higher than on Motor Skills subscale ($p = 0.001$) (see Figure 2.3).

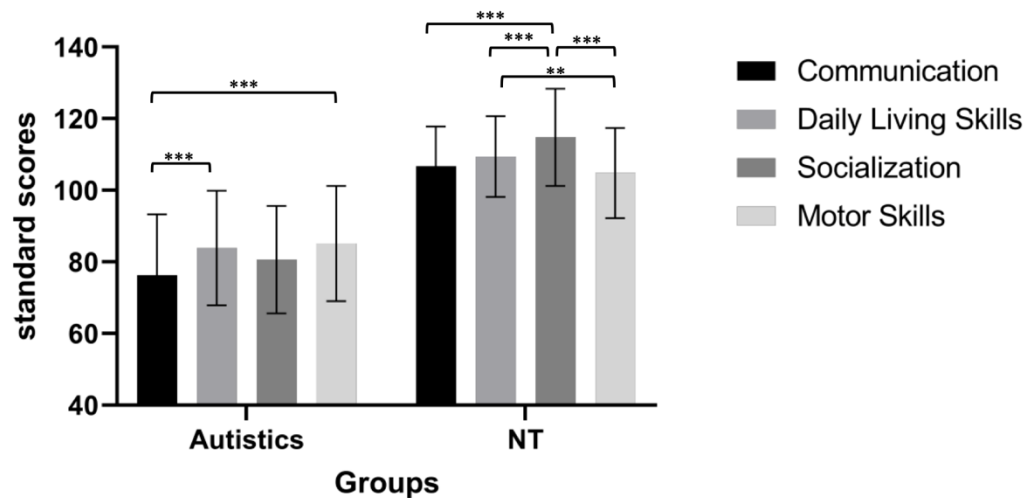


Figure 2.3. Adaptive profile (mean standard scores and SD) of autistic and NT children on VABS. ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

2.4.2 Comparing the cognitive and adaptive profiles of preschool autistic children
 1) with both MSEL and VABS ≥ 70 , 2) with MSEL < 70 but VABS ≥ 70 , and
 3) with both MSEL and VABS < 70 , e.g., GDD

2.4.2.1 Proportion of young autistic children with GDD

A total of 21 autistic participants (33%) scored within the normal range (standard score ≥ 70) on both MSEL and VABS. Then, some participants scored in the delay range (two standard deviations below the mean) on only one of the two tests: 26 participants (41%) scored below 70 on MSEL only, while only 2 participants (3%) scored below 70 on VABS only. These participants represented the subgroup of autistic children who

are at risk of being underestimated if assessed using only one of the two tests. Finally, 15 autistic participants (23%) met the criteria for GDD (MSEL < 70 and VABS < 70).

To further describe these subgroups of autistic children, we compared their cognitive and adaptive profiles on MSEL and VABS. We did not explore the profiles of those with MSEL ≥ 70 and VABS < 70, as there were only two children in this subgroup. The mean and standard deviations scores on MSEL and VABS for the three subgroups are presented in Table 2.3.

2.4.2.2 Cognitive profile within each autistic subgroup

The performance across MSEL subscales varied significantly in each autistic subgroup, namely the subgroup 1) with MSEL & VABS ≥ 70 , $\chi^2(3) = 22.321, p < .0005$; 2) with MSEL < 70 & VABS ≥ 70 , $\chi^2(3) = 24.806, p < .0005$; and 3) with GDD, $\chi^2(3) = 23.720, p < .0005$ (see Figure 2.4).

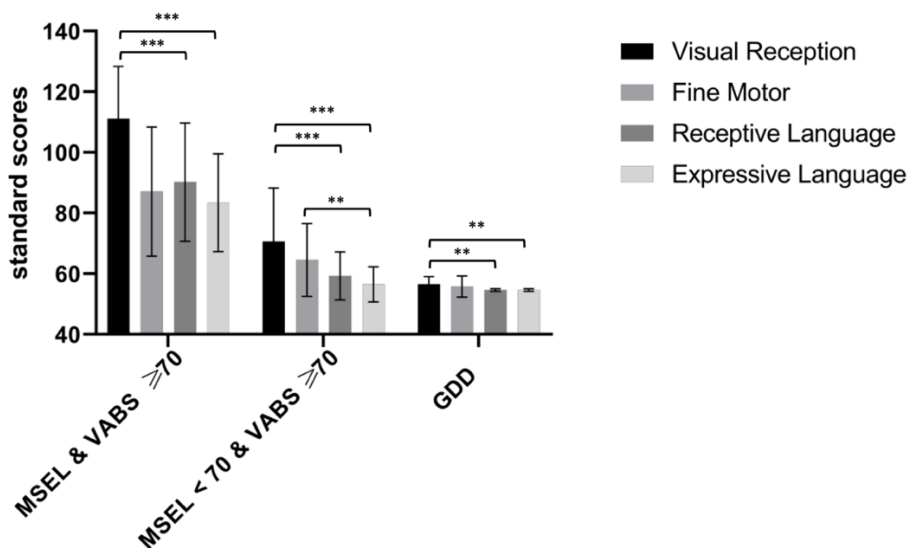


Figure 2.4. Cognitive profile (mean standard scores and SD) of subgroups of autistic children. ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Table 2.3 Mean standard scores and SD on the MSEL and VABS subscales for the three autistic subgroups.

Sample size	1.MSEL & VABS ≥ 70 (n = 21)		2.MSEL < 70 & VABS ≥ 70 (n = 26)		3.GDD autistic group (n = 15)		<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
Age (months)	53.5	7.9	51.6	10.0	50.9	10.2	0.679
Age range	38.0 – 68.5		29.5 – 68.5		31.0 - 66.5		
Gender (F: M)	3: 18		5: 21		5: 10		
SES	-0.33	0.55	-0.45	0.66	-0.59	0.71	0.611
MSEL							
Global score	91.0	15.6	56.4	7.0	49.4	0.8	<0.0005†
Visual Reception	111.1	17.3	70.6	17.7	56.5	2.5	<0.0005†
Fine Motor	87.1	21.3	64.5	12.0	55.8	3.5	<0.0005†
Receptive Language	90.2	19.5	59.3	7.9	54.6	0.4	<0.0005†
Expressive Language	83.4	16.1	56.5	5.8	54.6	0.4	<0.0005†
VABS							
Global score	90.6	12.6	80.0	10.7	63.1	3.9	<0.0005‡
Communication	93.1	9.7	75.3	9.9	55.0	7.8	<0.0005‡
Daily Living Skills	93.0	15.3	86.1	12.8	70.3	9.5	<0.0005§
Socialization	90.5	16.5	81.3	10.7	68.1	6.8	<0.0005‡
Motor Skills	92.2	15.3	88.5	16.0	71.3	5.3	<0.0005§

Note. †: 1 > 2 = 3; ‡: 1 > 2 > 3; §: 1 = 2 > 3

In the autistic subgroup with MSEL & VABS ≥ 70 , post hoc analyses revealed significantly higher scores on Visual Reception compared to Receptive Language ($p < 0.0005$) and Expressive Language ($p = 0.001$) subscales.

In the autistic group with MSEL < 70 & VABS ≥ 70 , post hoc analyses revealed significantly higher scores on Visual Reception compared to Receptive Language ($p = 0.005$) and Expressive Language ($p < 0.0005$) subscales. Their scores were also significantly higher on Fine Motor than on Expressive Language subscale ($p = 0.002$).

Finally, in the autistic group with GDD, post hoc analyses revealed significantly higher scores on Visual Reception compared to Receptive ($p = 0.002$) and Expressive Language ($p = 0.002$) subscales.

2.4.2.3 Adaptive profile within each autistic subgroup

There was a statistically significant interaction between the VABS subscales and subgroups on scores, $F(5.817, 171.589) = 3.817$, $p = 0.002$, partial $\eta^2 = 0.115$ (see Figure 2.5).

In the autistic subgroup with MSEL and VABS ≥ 70 , there was no statistically significant difference between the VABS subscales scores, $F(3, 60) = 0.252$, $p = 0.859$, partial $\eta^2 = 0.012$.

In the autistic subgroup with MSEL < 70 and VABS ≥ 70 , there was a statistically significant effect of VABS subscales on the performance, $F(3, 75) = 9.841$, $p < 0.0005$, partial $\eta^2 = 0.282$. The performance on Communication subscale was lower compared to Daily Living Skills ($p < 0.0005$) and Motor Skills ($p < 0.0005$) subscales.

In the autistic group with GDD, there was a statistically significant effect of VABS subscales on the performance, $F(3, 42) = 16.911$, $p < 0.0005$, partial $\eta^2 = 0.547$. The

performance on Communication subscale was lower compared to Daily Living Skills, Socialization and Motor Skills (all $p < 0.0005$).

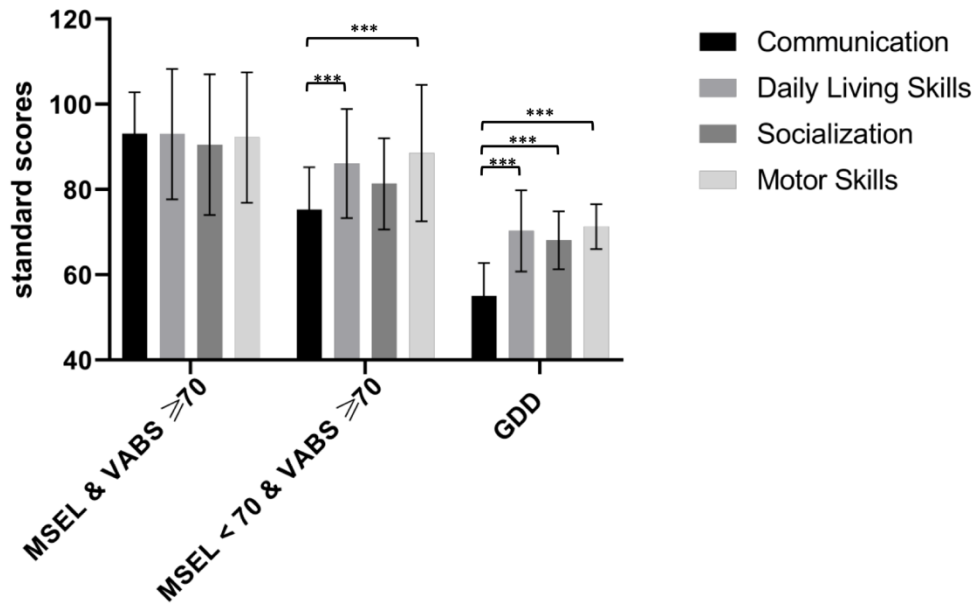


Figure 2.5. Adaptive profile (mean standard scores and SD) of subgroups of autistic children. *** $p < .001$

2.5 Discussion

This paper aimed to examine the extent to which using different instruments to define GDD or ID affects sample composition and whether these different definitions affect resultant cognitive and adaptive profiles. We showed that although cognitive and adaptive levels were associated, they were not commensurate in the autistic group. Therefore, using only one of the two indices for GDD assessment may lead to invalid conclusions regarding the abilities of autistic children. By exploring the cognitive and

adaptive profiles, we found the expected strength in visual subscale and weakness in communication in the autistic group. By further characterizing our autistic group, we found that only 23% met criteria for comorbid GDD and that more autistic children scored in the delay range when using MSEL as compared to VABS. Moreover, 33% of our autistic sample scored in the normal range on both MSEL and VABS although the majority of our sample was considered minimally verbal. Finally, our results suggest that using both MSEL and VABS to determine the presence of GDD, as opposed to using MSEL only, affects the composition of subgroups and leads to different cognitive and adaptive profiles within these subgroups. First, there was a subgroup of autistic children who performed in the normal range on both tests. A second subgroup of autistic children was considered as presenting a developmental delay based on MSEL global score only but showed a peak of ability – with performance in the normal range – at the Visual Reception subscale and adequate skills in other areas of their life (as assessed with the VABS). Finally, a third subgroup of children met criteria for GDD and had lower and flatter adaptive and cognitive profiles.

2.5.1 Relationship between cognitive and adaptive levels

Alvarez et al. (2020) recently highlighted the misuse of the expression “high functioning autism”, showing that intelligence is an imprecise predictor of adaptive level in autistic individuals with higher IQ. Our study extends those results by showing that this claim is also true for autistic children with lower IQ level and verbal abilities. As in Rivard et al. (2015) and Perry et al. (2009), we found a superiority of the adaptive level compared to the cognitive level in preschool autistic children with lower IQ.

Several factors might explain the gap found between adaptive and cognitive level. First, this gap could reflect the different skills measured in the different tests (Magiati & Howlin, 2001), thus why both are typically measured for ID diagnosis. Even in our NT group, there was only a modest correlation ($r = 0.32$) between cognitive and adaptive

level, suggesting that above and beyond testability challenges, MSEL and VABS do measure different skills to some degree. The gap between adaptive and cognitive levels could also reflect the use of direct versus parent-reported measures. Indeed, it is possible that parents of autistic children are less accurate in estimating the developmental level of their child (Chandler et al., 2016), and/or could tend to overestimate the abilities of their child (Tomasello & Mervis, 1994). However, some of our findings suggest otherwise. The relative weakness in oral communication was identified in both the direct and the parent-reported assessments in the autistic group. These similar profiles suggest that the discrepancy between adaptive and cognitive functioning in autistic children may rather be due to a difficulty to access the full potential of the child during a clinical evaluation using a developmental scale.

Many challenges come with traditional clinical assessment at preschool age. First, clinicians may not see the children they assess for a long enough period of time to observe what a parent might have observed in everyday life (Sachse & Von Suchodoletz, 2008). Moreover, young autistic children tend to spend more time exhibiting off-task behaviors than NT children and may have a better potential than what one can observe in the context of a formal evaluation (Akshoomoff, 2006; Eagle, 2002; Nordahl-Hansen et al., 2014; Sachse & Von Suchodoletz, 2008). Therefore, it is unclear whether the difficulty examiners may have in assessing autistic children reflects poor underlying skills rather than testing challenges (Mäntynen et al., 2001).

Finally, it is possible that MSEL, specifically, underestimates the potential of autistic children, especially minimally verbal ones. Indeed, in studies comparing the performance of autistic children on MSEL to other cognitive tests, MSEL performance was consistently the lowest (Courchesne et al., 2019; Farmer et al., 2016). This could be due to the challenges inherent to testing (Akshoomoff, 2006; Eagle, 2002). For example, Akshoomoff (2006) showed that autistic children showed more off-task behaviors and less engagement than age-matched NT children using MSEL. Despite

this, MSEL remains widely used at this age, as few other tests are available and standardized for preschoolers. Relying on a parent-reported measure could give access to new information, drawn from a context that is more representative of the child's daily reality.

2.5.2 Cognitive and adaptive profiles

Despite the challenges inherent to intellectual assessment with MSEL, our results are coherent with previous studies involving preschool (Landa & Garrett-Mayer, 2006; Munson, Dawson, Sterling, Beauchaine, Zhou, Elizabeth, et al., 2008) and school-age autistic children (Nader et al., 2016) showing strengths on subscales assessing non-verbal/visual abilities and marked weaknesses on verbal subscales. The fact that this cognitive profile emerges at different ages indicates a continuity across the development and that the strength in visual abilities is present very early in autism, as soon as children are testable.

The adaptive behavior profile found in our sample is also consistent with previous studies involving preschool autistic children with below average IQ (Balboni et al., 2016; Nevill et al., 2017; Ray-Subramanian et al., 2011). However, the adaptive profile seems to evolve with age as studies with older children and with above average IQ show the following profile: Communication > Daily Living Skills > Socialization (Kanne et al., 2011; Klin et al., 2007; Mougá et al., 2015). Besides, we found the latter adaptive profile in our subgroup of autistic children with MSEL & VABS ≥ 70 , suggesting that both cognitive level and age are important variables to consider when examining adaptive profile. Different profiles also emerge when using age equivalent scores (with greatest weaknesses in Socialization: Perry et al., 2009; Yang et al., 2016) versus standard scores (with greatest needs in Communication: Ray-Subramanian et al., 2011), suggesting that the choice of scale also plays a role in research results. The uneven adaptive profile (with a strength in Socialization and a weakness in Motor Skills)

found among the NT group is surprising given the VABS scales were normed for a mean of 100 on each subscale. However, other studies reported uneven profiles in NT preschool children (Fidler et al., 2006; Manwaring et al., 2017; Park et al., 2012; Will et al., 2018). Notwithstanding the type of score used in the analyses (i.e., scaled scores or age equivalent), a lower score in Motor Skills or Daily Living Skills (Fidler et al., 2006; Manwaring et al., 2017; Will et al., 2018) and a higher score in Communication or Socialization (Fidler et al., 2006; Manwaring et al., 2017; Park et al., 2012; Will et al., 2018) were usually found, which replicates in part our results. Furthermore, these results were obtained from NT children with higher age equivalent IQ than chronological age (Fidler et al., 2006) or with standard score IQ going from 107-112 (Manwaring et al., 2017; Park et al., 2012), which was similar to our sample. This indicates that NT children with higher cognitive abilities may reach certain abilities faster than expected for their age, particularly in the Communication and Socialization domains.

Our results further suggest that both visual and adaptive abilities could enlighten some abilities that global IQ or verbal-loaded tests fail to capture in minimally verbal autistic children. These measures could bypass certain difficulties inherent to testing autistic children at a young age. For example, some items in MSEL require the child to imitate the examiner (e.g., in Fine Motor subscale, the child is asked to stack some blocks in a particular way) or to point answers (e.g., in Receptive Language subscale, the child must point to the drawing that corresponds to a word). These types of items are often challenging for young autistic children, considering that they often have difficulty to imitate (Rogers & Vismara, 2014) or to point for other purposes than asking for something (Leekam et al., 2000). A poor performance on MSEL may then be more attributable to testability issues than to ability and IQ differences (Courchesne et al., 2019; Courchesne et al., 2015). These testing challenges are probably less likely to happen when using strength-informed tasks or parent-report measures.

2.5.3 Proportion of autistic children with GDD

When both MSEL and VABS were combined, only 23% of our sample of minimally verbal autistic children met the criteria for GDD. This percentage is similar to what was found by Chakrabarti and Fombonne (2001) (26%), but smaller than what was found in Chakrabarti and Fombonne (2005) (30%), Rivard et al. (2015) (37%) and Charman et al. (2011) (55%). It is important to note that all abovementioned studies, except Rivard et al. (2015), used a mix of IQ measures pooled together and no adaptive functioning measure whatsoever to assess intellectual delay, so it could affect the results. Our findings highlight the fact that many minimally verbal autistic preschoolers have visual and adaptive abilities in the normal range, and risk being underestimated when using solely MSEL global scores. These results also go against the belief that the severity of language deficits in autism would inevitably reflect on non-verbal/visual abilities (as suggested by Hinzen et al. (2019)). But most importantly, our results highlight how the choice of measurement tool contributes to the results we get, and therefore impacts on the research results and the beliefs conveyed in the community regarding the comorbidity between GDD and ASD diagnoses.

2.5.4 Comparison of the cognitive and adaptive levels in the three autistic subgroups

To our knowledge, this is the first study to describe cognitive and adaptive profiles in subgroups of (mostly) minimally verbal preschool autistic children with and without GDD. In the autistic subgroup with both MSEL and VABS in the normal range, we observed relatively high and flat cognitive and adaptive profiles, except for a marked strength in Visual Reception. All subscale standard scores were in the low average or above so, as expected, there was no delay in any domain in this subgroup.

In the autistic subgroup with only VABS in the normal range (MSEL < 70), we found a higher performance on Visual Reception and Fine Motor subscales compared to verbal subscales. In this subgroup, standard scores on MSEL subscales were generally

low, with only Visual Reception subscale reaching a mean standard score slightly above 70. However, the scores on VABS subscales suggest that this subgroup of children, despite difficulties in conventional assessment, demonstrate strengths in other areas of their life (e.g., Motor Skills, Daily Living Skills) as reported by their parents.

Two main messages emerge from these results. First, using visual subscales such as Visual Reception could better reflect the full potential of the child during conventional assessment. Second, considering that young autistic children tend to spend more time exhibiting off-task behaviors than typical children and may have a better potential than what is captured in the context of a formal evaluation (Akshoomoff, 2006; Eagle, 2002), parent-report measures could better reflect the child's potential in everyday life. In sum, these results highlight that autistic children who have language delay are at risk of being underestimated using a conventional developmental test, particularly at preschool age, and calls attention to the importance of using multiple methods and informants for describing our minimally verbal samples since one measure alone may give an incomplete picture.

The autistic subgroup with GDD had low and generally flat cognitive and adaptive profiles, with only a relative strength in Visual Reception (mean score on this subscale still lower than 70) and a weakness in Communication on VABS. All mean standard scores were around or below 70 and standard deviations were very small (particularly on MSEL subscales), indicating a possible floor effect. We can conclude to a GDD diagnosis only when autistic children present a low and flat profile, with Communication and Daily Living Skills deficits also reflected on parent-reported measures.

2.5.5 Limitations and future directions

Few studies have explored the relation between cognitive and adaptive functioning in autistic and NT preschool children, particularly in minimally verbal children. It would

be important to replicate these findings with a larger sample size. It would allow stratifying the results by gender, which was not possible in the current study. The inclusion of a third group of non-autistic children with low IQ would additionally allow a better understanding of the specificity of these results to the cognitive and adaptive profiles of autistic children. Also, it would be interesting to explore whether adaptive level is commensurate with other more perceptual measures, such as Raven's Progressive Matrices. Furthermore, longitudinal studies on this matter are needed to document the cognitive and adaptive functioning across development and determine the predictors of the different developmental paths in autistic children. Finally, it must be noted that the use of standardized assessments in a sample of mostly minimally verbal children might have reduced the variance of performance across the sample, as these children may not be able to perform well under standardized testing conditions (Kasari et al., 2013).

Nonetheless, this study adds to the existing literature documenting cognitive and adaptive levels in autistic children in many ways. For example, all children were assessed with the same two instruments, whereas previous studies often used various tools to measure cognitive skills and results were combined assuming different tools were all measuring the same construct (Alvarez; Charman et al., 2011; Kenworthy et al., 2010; Klin et al., 2007; Perry et al., 2009; Tillman et al., 2019). Also, we used both IQ and adaptive measures (as recommended in DSM-5) to assess the prevalence of ID in our sample, whereas many studies used only IQ tests (Charman et al., 2011; Bolte & Poutsas 2002; Perry et al., 2009). Furthermore, our sample is inclusive and represents an understudied part of the whole spectrum, including autistic preschool children with GDD and/or who are minimally verbal. Finally, we investigated both cognitive and adaptive profiles in the *same* sample of autistic children. To our knowledge, this is the first study to document these two profiles in children sample and IQ subsamples including mainly minimally verbal autistic children.

Our results shed light on how intellectual assessment tools, presumably impartial and objective, can actively shape and influence the phenomenon we are studying. These findings also point to the importance of implementing multi-method and multi-informant measurement methods in minimally verbal samples. By doing so, it will be possible to capture the full abilities of these children, often hidden when assessed with conventional and language-loaded batteries. Furthermore, by exploring the cognitive and adaptive profiles, it was possible to demonstrate that minimally or non-verbal autistic children do not necessarily fall in the GDD category. This result suggests prudence in interpreting test results at preschool age and reassessment of the child's cognitive and adaptive levels should be done later on at school age.

Our results have important implications. In clinic, a better understanding of cognitive and adaptive strengths and weaknesses in preschool autistic children may contribute to a better assessment at the age of diagnosis and be relevant for the development of adapted teaching strategies. Also, the possibility to make a better distinction between the children who have an ASD diagnosis with versus without a comorbid GDD will allow clinicians to refer them to the appropriate services at the preschool period. In research, finding reliable proxies of intelligence could enable researchers to accurately document the diagnosis of participants. Studying properly formed subgroups of autistic children could illuminate biological and cognitive distinctions between autism and GDD and lead to new insights into the cause and correlates of each condition.

2.6 Acknowledgements

We thank the children and their family who participated in this study, as well as Valérie Bouchard, Sarah-Maude Coll, Éliane Danis, Lisa-Marie Davignon, Mélanie Descamps, Catherine C. Paquet, David R. Pelchat, Véronique D. Thérien and Alexandra Tremblay, who helped with data collection. Grant sponsor: Canadian Institutes of Health Research; Grant number: Grant PJT-149036 and Chaire de Recherche Marcel & Rolande

Gosselin en Neurosciences Cognitives et Autisme de l'Université de Montréal. The authors have no conflict of interest to declare.

2.7 References

Akshoomoff, N. (2006). Use of the Mullen Scales of Early Learning for the assessment of young children with Autism Spectrum Disorders. *Child Neuropsychology*, *12*(4-5), 269-277. <http://dx.doi.org/10.1080/09297040500473714>

Alvarez, G. A., Bebbington, K., Cleary, D., Evans, K., Glasson, E. J., Maybery, M. T., Pillar, S., Uljarevic, M., Varcin, K., Wray, J., & Whitehouse, A. J. O. (2020). The misnomer of 'high functioning autism': Intelligence is an imprecise predictor of functional abilities at diagnosis *Autism*, *24*(1), 221-232. <https://doi.org/10.1177/1362361319852831>

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)*. American Psychiatric Pub.

Anderson, D. K., Lord, C., Risi, S., Shulman, C., Welch, K., DiLavore, P. S., Thurm, A., & Pickles, A. (2007). Patterns of Growth in Verbal Abilities Among Children With Autism Spectrum Disorder. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *75*(4), 594-604. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.75.4.594>

Ankenman, K., Elgin, J., Sullivan, K., Vincent, L., & Bernier, R. (2014). Nonverbal and verbal cognitive discrepancy profiles in autism spectrum disorders: Influence of age and gender. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, *119*(1), 84-99. <https://doi.org/10.1352/1944-7558-119.1.84>

Baio, J., Wiggins, L., Christensen, D. L., Maenner, M. J., Daniels, J., Warren, Z., Kurzius-Spencer, M., Zahordny, W., Robinson Rosenberg, C., White, T., Durkin, M. S., P, I., Nikolaou, L., Yeargin-Allsopp, M., C, L. L., Harrington, R., Lopez, M., Fitzgerald, R. T., Hewitt, A., Pettygrove, S., Constantino, J. N., Vehorn, A., Shenouda, J., Hall-Lande, J., Braun, K. V. N., & Dowling, N. F. (2018). Prevalence of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report: Surveillance Summaries*, 67(6), 1-23. <https://doi.org/10.15585/mmwr.ss6706a1>

Bal, V. H., Katz, T., Bishop, S. L., & Krasileva, K. (2016). Understanding definitions of minimally verbal across instruments: evidence for subgroups within minimally verbal children and adolescents with autism spectrum disorder. *Journal of child psychology and psychiatry*, 57(12), 1424-1433. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jcpp.12609>

Balboni, G., Tasso, A., Muratori, F., & Cubelli, R. (2016). The Vineland-II in Preschool Children with Autism Spectrum Disorders: An Item Content Category Analysis. *Journal Autism Developmental Disorders*, 46(1), 42-52. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2533-3>

Bölte, S., & 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1020734325815>

Chakrabarti, S., & Fombonne, E. (2001). Pervasive developmental disorders in preschool children. *Journal of the American Medical Association*, 285, 3093-3099. <https://doi.org/10.1001/jama.285.24.3093>

Chakrabarti, S., & Fombonne, E. (2005). Pervasive developmental disorders in preschool children: Confirmation of high prevalence. *The American Journal of Psychiatry*, *162*, 1133-1141. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.162.6.1133>

Chandler, S., Howlin, P., Simonoff, E., Kennedy, J., & Baird, G. (2016). Comparison of parental estimate of developmental age with measured IQ in children with neurodevelopmental disorders. *Child: Care, Health and Development*, 1-8. <https://doi.org/http://doi.org/10.1111/cch.12346>

Charman, T., Pickles, A., Simonoff, E., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2011). IQ in children with autism spectrum disorders: data from the Special Needs and Autism Project (SNAP). *Psychological Medicine -London-*, *41*(3), 619-627. <https://doi.org/10.1017/S0033291710000991>

Chawner, S. J. R. A., Doherty, J. L., Anney, R., Antshel, K. M., Bearden, C. E., Bernier, R., Chung, W. K., Clements, C. C., Curran, S. R., Cuturilo, G., Fiksinski, A. M., Gallagher, L., Goin-Kochel, R. P., Kushan, L., Gur, R. E., Hanson, E., Jacquemont, S., Kates, W. R., Maillard, A. M., McDonald-McGinn, D. M., Mihaljevic, M., Miller, J. S., Moss, H., Pejovic-Milovancevic, M., Schultz, R. T., Green-Snyder, L., Vorstman, J. A., Wenger, T. L., Hall, J., Owen, M. J., & van den Bree, M. (2020). A Genetics-First Approach to Dissecting the Heterogeneity of Autism: Phenotypic Comparison of Autism Risk Copy Number Variants. *American Journal of Psychiatry*, *178*(1), 77-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.1101/2020.01.14.20017426>

Courchesne, V., Girard, D., Jacques, C., & Soulières, I. (2019). Assessing intelligence at autism diagnosis: mission impossible? Testability and cognitive profile of autistic preschoolers. *J Autism Dev Disord*, *49*(3), 845-856. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10803-018-3786-4>

Courchesne, V., Meilleur, A.-A., Poulin-Lord, M., Dawson, M., & Soulières, I. (2015). Autistic children at risk of being underestimated: school-based pilot study of a strength-informed assessment. *Molecular autism*, 6, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s13229-015-0006-3>

D'Angelo, D., Lebon, S., Chen, Q., Martin-Brevet, S., Snyder, L. G., Hippolyte, L., Hanson, E., Maillard, A. M., Faucett, W. A., Mace, A., Pain, A., Bernier, R., Chawner, S. J., David, A., Andrieux, J., Aylward, E., Baujat, G., Caldeira, I., Conus, P., Ferrari, C., Forzano, F., Gerard, M., Goin-Kochel, R. P., Grant, E., Hunter, J. V., Isidor, B., Jacquette, A., Jonch, A. E., Keren, B., Lacombe, D., Le Caignec, C., Martin, C. L., Mannik, K., Metspalu, A., Mignot, C., Mukherjee, P., Owen, M. J., Passeggeri, M., Rooryck-Thambo, C., Rosenfeld, J. A., Spence, S. J., Steinman, K. J., Tjernagel, J., Van Haelst, M., Shen, Y., Draganski, B., Sherr, E. H., Ledbetter, D. H., van den Bree, M. B., Beckmann, J. S., Spiro, J. E., Reymond, A., Jacquemont, S., & Chung, W. K. (2016). Defining the Effect of the 16p11.2 Duplication on Cognition, Behavior, and Medical Comorbidities. *JAMA Psychiatry*, 73(1), 20-30. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2015.2123>

Dawson, M., Soulières, I., Gernsbacher, M. A., & Mottron, L. (2007). The Level and Nature of Autistic Intelligence. *Psychological science*, 18, 657-662. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01954.x>.

Eagle, R. S. (2002). Accessing and assessing intelligence in individuals with lower functioning autism. *Journal of Developmental Disabilities*, 9, 45-53.

Elsabbagh, M., Divan, G., Koh, Y.-J., Kim, Y. S., Kauchali, S., Marcin, C., Montiel-Nava, C., Patel, V., Paula, C. S., Wang, C., Yasamy, M. T., & Fombonne, E. (2012). Global prevalence of autism and other pervasive developmental disorders. *Autism Research*, 5(3), 160-179. <https://doi.org/10.1002/aur.239>

Farmer, C., Golden, C., & Thurm, A. (2016). Concurrent validity of the differential ability scales, second edition with the Mullen Scales of Early Learning in young children with and without neurodevelopmental disorders. *Child Neuropsychology*, 22(5), 556-569. <https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1020775>

Fidler, D., Hepburn, S., & Rogers, S. (2006). Early learning and adaptive behaviour in toddlers with Down syndrome: Evidence for an emerging behavioural phenotype? *Down Syndrome Research and Practice*, 9(3), 37-44. <https://doi.org/10.3104/reports.297>

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage.

Goldberg, M. C., Spinelli, S., Joel, S., Pekar, J. J., Denckla, M. B., & Mostofsky, S. H. (2011). Children with high functioning autism show increased prefrontal and temporal cortex activity during error monitoring. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1, 47-56. <https://doi.org/doi:10.1016/j.dcn.2010.07.002>

Hinzen, W., Slušná, D., Schroeder, K., Sevilla, G., & Vila Borrellas, E. (2019). Mind - Language = ? The significance of non - verbal autism. *Mind & Language*, 35(4), 514-538. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/mila.12257>

Kanne, S. M., Gerber, A. J., Quirnbach, L. M., Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., & Saulnier, C. A. (2011). The role of adaptive behavior in autism spectrum disorders: implications for functional outcome. *Journal of Autism and Developmental Disorder*, 41(8), 1007-1018. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1126-4>

Kasari, C., Brady, N., Lord, C., & Tager-Flusberg, H. (2013). Assessing the Minimally Verbal School-Aged Child with Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, 6(6). <https://doi.org/10.1002/aur.1334>

Kenworthy, L., Case, L., Harms, M. B., Martin, A., & Wallace, G. L. (2010). Adaptive behavior ratings correlate with symptomatology and IQ among individuals with high-functioning autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, *40*(4), 416-423. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0911-4>

Klin, A., Saulnier, C. A., Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., Volkmar, F. R., & Lord, C. (2007). Social and communication abilities and disabilities in higher functioning individuals with autism spectrum disorders: the Vineland and the ADOS. *J Autism Dev Disord*, *37*(4), 748-759. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0229-4>

Kraper, C., Kenworthy, L., Popal, H., Martin, A., & Wallace, G. L. (2017). The Gap Between Adaptive Behavior and Intelligence in Autism Persists into Young Adulthood and is Linked to Psychiatric Co-morbidities. *J Autism Dev Disord*, *47*(10), 3007-3017. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3213-2>

Landa, R., & Garrett-Mayer, E. (2006). Development in infants with autism spectrum disorders: a prospective study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *47*(6), 629-638. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2006.01531.x>

Leekam, S. R., López, B., & Moore, C. (2000). Attention and Joint Attention in Preschool Children with Autism. *Developmental Psychology*, *36*, 261.

Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook Jr, E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., Pickles, A., & Rutter, M. (2000). The autism diagnostic observation schedule-generic: a standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal Autism Developmental Disorders*.

Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P. C., Risi, S., Gotham, K., & Bishop, S. (2012). *Autism diagnostic observation schedule, second edition*. Western Psychological Services.

Magiati, I., & Howlin, P. (2001). Monitoring the progress of preschool children with ASD enrolled in early intervention programmes: Problems In Cognitive Assessment. *Autism*, 5(4), 399-406. <https://doi.org/10.1177/1362361301005004005>

Magiati, I., Moss, J., Charman, T., & Howlin, P. (2011). Patterns of change in children with autism spectrum disorders who received community based comprehensive interventions in their pre-school years: a seven year follow-up study. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5, 1016-1027.

Mäntynen, H., Poikkeus, A., Ahonen, T., Aro, T., & Korkman, M. (2001). Clinical significance of test refusal among young children. *Child Neuropsychology*, 7(4), 241-250. <http://doi.org/10.1076/chin.7.4.241.8739>

Manwaring, S. S., Mead, D. L., Swineford, L., & Thurm, A. (2017). Modeling Gesture Use and Early Language Development in Autism Spectrum Disorder *international Journal of Language and Communication Disorders*, 52(5), 637–651. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12308>

Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2008). WISC-IV and WIAT-II profiles in children with high-functioning autism. *J Autism Dev Disord*, 38(3), 428-439. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0410-4>

Mouga, S., Almeida, J., Cafe, C., Duque, F., & Oliveira, G. (2015). Adaptive profiles in autism and other neurodevelopmental disorders. *J Autism Dev Disord*, 45(4), 1001-1012. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2256-x>

Mullen, E. M. (1995). *Mullen Scales of Early Learning, AGS Edition: Manual and Item Administrative Books*. American Guidance Service, Inc.

Munson, J., Dawson, G., Sterling, L., Beauchaine, T., Zhou, A., Elizabeth, K., Lord, C., Rogers, S., Sigman, M., Estes, A., & Abbott, R. (2008). Evidence for latent classes of IQ in young children with autism spectrum disorder. *American Journal on Mental Retardation, 113*(6), 439-452. <https://doi.org/10.1352/2008.113:439-452>

Myers, S. M., Voigt, R. G., & Colligan, R. C. (2018). Autism spectrum disorder: Incidence and time trends over two decades in a population-based birth cohort. *J Autism Dev Disord, 1-20*.

Nader, A.-M., Courchesne, V., Dawson, M., & Soulières, I. (2016). Does WISC-IV Underestimate the Intelligence of Autistic Children. *J Autism Dev Disord, 46*, 1582-1589. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2270-z>

Nader, A.-M., Jelenic, P., & Soulières, I. (2015). Discrepancy between WISC-III and WISC-IV Cognitive Profile in Autism Spectrum: What Does It Reveal about Autistic Cognition? *PLoS One, 10*(12), e0144645. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144645>

Nevill, R. E., Hedley, D., Uljarević, M., Butter, E., & Mulick, J. A. (2017). Adaptive behavior profiles in young children with autism spectrum disorder diagnosed under DSM-5 criteria. *Research in Autism Spectrum Disorders, 43-44*, 53-66. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2017.09.006>

Nordahl-Hansen, A., Kaale, A., & Ulvund, S. E. (2014). Language assessment in children with autism spectrum disorder: Concurrent validity between report-based assessments and direct tests. *Research in Autism Spectrum Disorders, 8*(9), 1100-1106.

Norrellgen, F., Fernell, E., Eriksson, M., Hedvall, A., Persson, C., & Sjolín, M. (2014). Children with autism spectrum disorders who do not develop phrase speech in the preschool years. *Autism, 19*, 934-943.

Oliveras-Rentas, R. E., Kenworthy, L., Roberson, R. B., Martin, A., & Wallace, G. L. (2012). WISC-IV profile in high-functioning autism spectrum disorders: impaired processing speed is associated with increased autism communication symptoms and decreased adaptive communication abilities. *J Autism Dev Disord, 42*(5), 655-664. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1289-7>

Park, C. J., Yelland, G., W, Taffe, J. R., & Gray, K. M. (2012). Brief Report: The Relationship Between Language Skills, Adaptive Behavior, and Emotional and Behavior Problems in Pre-schoolers with Autism *Journal Autism Developmental Disorders, 42*, 2761–2766. <https://doi.org/0.1007/s10803-012-1534-8>

Perry, A., Flanagan, H. E., Dunn Geier, J., & Freeman, N. L. (2009). Brief report: the Vineland Adaptive Behavior Scales in young children with autism spectrum disorders at different cognitive levels. *J Autism Dev Disord, 39*(7), 1066-1078. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0704-9>

Pickles, A., Anderson, D. K., & Lord, C. (2014). Heterogeneity and plasticity in the development of language: a 17-year follow-up of children referred early for possible autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 55*(12), 1354-1362. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12269>

Ray-Subramanian, C. E., Huai, N., & Ellis Weismer, S. (2011). Brief report: adaptive behavior and cognitive skills for toddlers on the autism spectrum. *J Autism Dev Disord, 41*(5), 679-684. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1083-y>

Rivard, M., Terroux, A., Mercier, C., & Parent-Boursier, C. (2015). Indicators of intellectual disabilities in young children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, *45*(1), 127-137. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2198-3>

Rogers, S. J., & Vismara, L. (2014). Interventions for Infants and Toddlers at Risk for Autism Spectrum Disorder. *Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorders, Fourth Edition*. Honoken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Rose, V., Trembath, D., Keen, D., & Paynter, J. (2016). The proportion of minimally verbal children with autism spectrum disorder in a community-based early intervention programme. *Journal of Intellectual Disability Research*, *60*(5), 464-477. <https://doi.org/10.1111/jir.12284>

Russell, G., Mandy, W., Elliott, D., White, R., Pittwood, T., & Ford, T. (2019). Selection bias on intellectual ability in autism research: a cross-sectional review and meta-analysis. *Molecular autism*, *10*(9). <https://doi.org/10.1186/s13229-019-0260-x>

Sachse, S., & Von Suchodoletz, W. (2008). Early identification of language delay by direct language assessment or parent report? . *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, *29*, 34-41. <http://doi.org/10.1097/DBP.0b013e318146902a>

Soulières, I., Dawson, M., Gernsbacher, M. A., & Mottron, L. (2011). The Level and Nature of Autistic Intelligence II: What about Asperger Syndrome. *PLoS One*, *6*(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025372>

Sparrow, S. S., & Cicchetti, D. V. (2005). *The Vineland adaptive behavior scales (2nd ed.)* (Pearson ed.).

Swineford, L. B., Guthrie, W., & Thurm, A. (2015). Convergent and divergent validity of the Mullen Scales of Early Learning in young children with and without autism spectrum disorder. *Psychological Assessment, 27*(4), 1364-1378. <http://dx.doi.org/10.1037/pas0000116>

Tassé, M. J., Schalock, R. L., Balboni, G., Bersani, H., Borthwick-Duffy, S. A., Spreat, S., & Zhang, D. (2012). THE construct of adaptive behavior: Its conceptualisation, measurement, and use in the field of intellectual disability. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities, 117*(4), 291-303.

Tillmann, J., San Jose Caceres, A., Chatham, C. H., Crawley, D. C., Holt, R., Oakley, B., Banaschewski, T., Baron-Cohen, S., Bolte, S., Buitelaar, J. K., Durston, S., Ham, L., Loth, E., Simonoff, E., Spooren, W., Murphy, D. G., & Charman, T. (2019). Investigating the factors underlying adaptive functioning in autism in the EU-AIMS Longitudinal European Autism Project. *Autism Research, 12*(4), 645-657. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aur.2081>

Tomasello, M., & Mervis, C. B. (1994). The instrument is great, but measuring comprehension is still a problem. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 59*, 174-180. <http://doi.org/10.1111/1540-5834.ep9502141735>

Ventola, P., Saulnier, C. A., Steinberg, E., Chawarska, K., & Klin, A. (2014). Early-emerging social adaptive skills in toddlers with autism spectrum disorders: an item analysis. *Journal Autism Developmental Disorders, 44*(2), 283-293. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1278-x>

Will, E. A., Caravella, K. E., Hahn, L. J., Fidler, D., & Roberts, J. E. (2018). Adaptive behavior in infants and toddlers with Down syndrome and fragile X syndrome *Am J med Genet B Neuropsychiatr Genet*, *177*(3), 358-368. <https://doi.org/10.1002/ajmg.b.32619>

Wodka, E. L., Mathy, P., & Kalb, L. (2013). Predictors of Phrase and Fluent Speech in Children With Autism and Severe Language Delay. *Pediatrics*, *131*(4). <https://doi.org/10.1542/peds.2012-2221>

Yang, S., Paynter, J. M., & Gilmore, L. (2016, Jan). Vineland Adaptive Behavior Scales: II Profile of Young Children with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord*, *46*(1), 64-73. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2543-1>

Yoder, P., Watson, L. R., & Lambert, W. (2014). Value-Added Predictors of Expressive and Receptive Language Growth in Initially Nonverbal Preschoolers with Autism Spectrum Disorders. *Journal Autism Developmental Disorders*, *45*(5), 1254-1270. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2286-4>

Zachor, D. A., & Ben-Itzhak, E. (2010). Treatment approach, autism severity and intervention outcomes in young children. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *4*(3), 425-432. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2009.10.013>.

2.8 Supplementary material

Table S2.1 Mean scores and SD on ADOS-G and ADOS-2 in the autistic group

ADOS versions and modules	M	SD
ADOS-G (raw scores)		
Module 1 (n = 6)		
Communication	7.0	1.1
Social	13.3	1.2
Imagination/Play	3.7	0.8
RRB	4.3	1.4
Module 2 (n = 1)		
Communication	8.0	-
Social	14.0	-
Imagination/Play	2.0	-
RRB	4.0	-
ADOS-2 (CSS scores)		
Module Toddler (n = 13)		
Social affect	17.5	3.3
Restricted repetitive behaviors	4.7	1.5
Module 1 (n = 33)		
Social affect	15.1	4.1
Restricted repetitive behaviors	4.7	1.7
Module2 (n = 1)		
Social affect	3.0	-
Restricted repetitive behaviors	1.0	-

Note. n represents the number of children for whom data were available; CSS = Calibrated Severity Scores

CHAPITRE III

TRAJECTORIES AND PERCEPTUAL PRECURSORS OF INTELLIGENCE IN MINIMALLY VERBAL AUTISTIC CHILDREN FROM PRESCHOOL TO SCHOOL AGE

Article en révision favorable dans la revue *Autism*

Girard, D., Courchesne, V., Cimon-Paquet, C., Jacques, C., Soulières, I.

3.1 Abstract

The current prospective cohort study investigated whether early perceptual abilities measured at preschool age could predict later intellectual abilities at school age in a group of 41 autistic (9 girls, 32 boys) and 57 neurotypical children (29 girls, 28 boys). Participants were assessed at three time points between the age of 2 and 8 years old using the Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence – Fourth edition as a measure of full-scale IQ and the Raven’s Colored Progressive Matrices as a measure of non-verbal IQ. The performance on two perceptual tests (Visual Search and Children Embedded Figures Test) as well as the frequency of perceptual behaviors served as predictors of later intellectual abilities. Early performance on perceptual tests measured at preschool age was positively related to later full-scale IQ in both autistic and neurotypical children. Furthermore, both perceptual behaviors and performance on perceptual tests measured at preschool age were associated with later non-verbal IQ in the autistic group. In contrast, only the performance on Children Embedded Figures Test was associated with later non-verbal IQ in the neurotypical group. Early perceptual abilities may be indicators of general intelligence and non-verbal abilities at preschool age, particularly for minimally verbal autistic children.

Keywords: autism, childhood, intelligence, minimally verbal, non-verbal IQ, perception, trajectory

3.2 Introduction

At time of diagnosis, one of the key questions of parents of autistic children is what the future holds for their child in terms of cognitive functioning (Rabba et al., 2019). However, it remains difficult to answer this question given the considerable heterogeneity of cognitive development, particularly during the preschool years (Flanagan et al., 2015; Lord & Schopler, 1989a, 1989b; Prigge et al., 2021). Previous findings indeed showed a reduction (Bishop et al., 2014; Solomon et al., 2017), no change (Dietz et al., 2007; Eaves & Ho, 2004; Flanagan et al., 2015; Jonsdottir et al., 2007) or increase in IQ from preschool to school age (Flanagan et al., 2015; Lord & Schopler, 1989b; Turner et al., 2006; Yang et al., 2010), with no prevailing pattern. The stability of IQ in autism, especially when assessed during preschool (Eaves & Ho, 2004), is lower than what is expected in a neurotypical (NT) population (Bronstein et al. 2006; Fagan et al. 2007).

This heterogeneity in autistic preschoolers' IQ has been linked to various factors including compliance with the task, attentional capacities, and disruptive behaviors on the day of assessment, characterizing young children in general (Akshoomoff, 2006). Factors inherent to the autistic phenotype also need to be considered. For instance, an important proportion of autistic preschoolers are minimally or non-verbal (Anderson et al., 2007; Magiati et al., 2011; Norrellgen et al., 2014; Pickles et al., 2014; Rose et al., 2016; Wodka et al., 2013; Yoder et al., 2014) and will only develop language at school age (Gagnon et al., 2021), thus making the use of conventional IQ tests impossible or inappropriate with this population (Courchesne et al., 2015; Girard et al., 2021). In sum, the difficulties evaluators face to properly assess preschool autistic children, as compared to their neurotypical peers, might contribute to the poor prognosis of their IQ scores in longitudinal studies (Charman et al., 2005). *Consequently, how can one reveal the intellectual potential and predict the cognitive development of these children at the age of diagnosis?*

In NT children, the precursors of intelligence are well established and include language abilities, working memory, executive functions, and processing speed (Burns et al., 2009; Conway et al., 2002; Deary, 2012; Fink & Neubauer, 2005; Friedman et al., 2006; Gilkerson et al., 2018; Hart & Risley, 1992, 1995; Schweizer, 2005; Schweizer & Moosbrugger, 2004; Tillmann et al., 2009; Tourva et al., 2016). However, in minimally or non-verbal autistic children, early indicators of intellectual prognosis remain to be clearly identified. In autism in general, it was proposed that perception plays a greater role in cognition (Mottron & Burack, 2001; Mottron et al., 2006). This is reflected in the increased performance of autistic individuals on various perceptual tasks (e.g., Kaldy et al., 2011; Schlooz & Hulstijn, 2014; Soulières et al., 2011), a superiority notable as soon as preschool age (Kaldy et al., 2011; Morgan et al., 2003; Pellicano et al., 2006). For example, autistic children have a faster response time in visual search tasks (Cheung et al., 2016; Gliga et al., 2015; Kaldy et al., 2011), as well as a faster detection time in embedded figure tasks (Joliffe & Baron-Cohen, 1997; Pellicano et al., 2006). The superiority of perceptual information processing has also been demonstrated in complex non-verbal tasks – assessing abilities to solve novel problems by inferring and integrating rules – such as Raven’s Progressive Matrices (Courchesne et al., 2019; Courchesne et al., 2015; Dawson et al., 2007; Hayashi et al., 2008; Nader et al., 2016; Soulières et al., 2011).

Previous cross-sectional studies suggest that perceptual abilities are positively correlated to general intellectual abilities in both autistic and NT children and adults (Barbeau et al., 2013; Courchesne et al., 2019; Hill et al., 2011; Meilleur et al., 2014). Interestingly, perceptual and visuospatial abilities appear to be more strongly associated with non-verbal reasoning abilities than to general intellectual abilities in autistic individuals. Moreover, the relation between perceptual skills and non-verbal reasoning abilities appears stronger in autistic individuals versus their NT peers (Colom et al., 2006; Goel, 2007; Meilleur et al., 2014). These findings may indicate that the precursors of intelligence (or their importance) are different in autistic versus

neurotypical children, with a greater role of perception in autistic cognitive development.

Additional arguments for an increased role of perception in autistic cognition is the fact that several RRBI's included in the autism diagnosis are perceptual by nature (Leekam et al., 2007; Mottron et al., 2006; Zwaigenbaum et al., 2005). It has been hypothesized that these RRBI's may represent early explicit manifestations of perceptual strengths (Barbeau et al., 2013). For example, fast lateral gaze to objects and faces could be a way for autistic children to optimally capture information, while managing otherwise excessive amounts of sensory input (Kaldy et al., 2011; Mottron et al., 2007).

However, little longitudinal work has formally examined the predictive role of perceptual abilities and behaviors on developmental patterns of change in IQ from preschool to school age in autism. Considering the challenges inherent to conventional intellectual assessment, early perceptual predictors may be useful in estimating intellectual potential among young autistic children when traditional tests can't be used. Indeed, perceptual abilities have the advantage to be easily observed at preschool age without necessitating a formal evaluation and seem to fit the unique cognitive style of autistic individuals. While perceptual abilities do not constitute a proper measure of intelligence, and thus cannot directly substitute for it, using these abilities to better predict the intellectual potential of autistic children at the age of diagnosis is an avenue worth exploring. Longitudinal studies examining the predictors of IQ trajectories and considering both intra-individual and inter-individual variations across time offer the best hope of unravelling the predictors of intellectual potential from preschool to school age.

3.3 Objectives

Our main objectives were to explore 1) whether some perceptual abilities, behaviors and interests measured at preschool age could predict level and change in intelligence at school age, and 2) whether these perceptual predictors are specific to autism or shared with the NT group.

3.4 Methods

This study was formally reviewed and approved by the research ethic committee of Rivière-des-Prairies Hospital (Montreal, Canada). Informed written and verbal consent was obtained from parents prior to participation at each time point.

3.4.1 Participants

Families of children aged under 71 months who received an AS diagnosis at the specialized assessment clinic at Rivière-des-Prairies Hospital between January 2014 and February 2020 were invited to participate in this study. Exclusion criteria for this group included having an identified associated genetic disorder or having an important motor delay (equivalent age < 18 months) susceptible to interfere with tests administration. AS diagnosis was based on gold standard instruments and expert clinician judgment. Of the 41 autistic children, 34 were assessed using Toddler Module or Module 1 of the ADOS-2 (Lord et al., 2012) or ADOS-G (Lord et al., 2000). Two children were assessed using Module 2 of ADOS-2 and used phrased speech at time of their diagnosis. Five children received an AS diagnosis based on clinical judgment.

NT participants were recruited in daycare centers of the same geographic area. Children in the NT group did not have any diagnosed developmental or neurological condition

and did not have any sibling with an AS diagnosis. Participants' characteristics are presented in Table 3.1.

3.4.2 Measures

3.4.2.1 Full scale IQ (FSIQ)

The Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence – Fourth edition (WPPSI-IV: Wechsler, 2012) was used to assess FSIQ. It is normed for children aged 2 years 7 months to 7 years 7 months, with a version designed for children under 4 and one for children of 4 years and older. These two versions include respectively 5 (Receptive Vocabulary, Information, Block Design, Object Assembly, Picture Memory) and 6 (Information, Similarities, Block Design, Matrix Reasoning, Picture Memory, Bug Search) core subtests allowing the computation of a FSIQ score in percentiles.

3.4.2.2 Non-verbal IQ (NVIQ)

The board form of the Raven's Coloured Progressive Matrices (RCPM: Raven et al., 1998b) was used to measure NVIQ. Raven's Matrices are one of the most commonly used cognitive assessments in research studies (Kaplan & Saccuzzo, 2009) as this test uses non-verbal material and is relatively independent of culture. The RCPM includes three sets of 12 items (A, Ab, B) of increasing difficulty and complexity within and across sets. Each item presents a pattern or a 2 x 2 matrix that the child must complete by choosing which of the six movable pieces best completes the matrix. The Netherlands norms, from 3 years and 9 months to 10 years and 2 months, were used to derive percentiles from raw scores obtained by participants.

Table 3.1 *Children Sociodemographic Characteristics (N = 98: 38 girls, 60 boys)*

Characteristics	<i>n</i>		%	
Diagnostic group				
Autistics	41		42	
NT	57		58	
Annual Income (\$)				
0 – 29,999	17		17	
30,000 – 49,999	14		14	
50,000 – 69,999	10		10	
70,000 – 89,999	13		13	
90,000 – 119,999	8		8	
120,000+	23		24	
Missing	13		13	
	Mothers		Fathers	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Parental level of education				
High school not completed	4	4	2	2
High school	11	11	13	13
Colleges ^a	17	17	18	18
Undergraduate school	28	29	32	33
Graduate school	19	17	13	13
Postdoctoral fellowship	3	3	2	2
Missing	16	16	18	18
Parental ethnicity				
Asian	1	1	1	1
Black	11	12	11	12
Latina	4	4	3	3
Middle Eastern countries	18	18	18	18
White	51	52	50	51
Missing	9	9	11	11

^a Colleges are general and vocational educational institutions that grant two- or three-year postsecondary degrees preparing students for university-level education.

3.4.2.3 Perceptual abilities

Perceptual abilities were assessed using two different tests requiring selective visual attention: the Visual Search (VS) Task and the Children Embedded Figures Test (CEFT). Although these tasks involve different cognitive processes, such as visual attention, they also involve perceptual processes (Davis & Palmer, 2004; Treisman &

Gelade, 1980) and were previously used as a measure of perceptual skills (Cheung et al., 2016; Courchesne et al., 2019).

3.4.2.3.1 Visual Search Task

The VS was the same as the one in Courchesne et al.'s (2019). Children were asked to find a target letter among sets of 5, 15, 25, 50 or 75 distracters. There were two conditions: (a) the feature condition, in which the target letter differed from distracters in shape (e.g., a red T hidden among red Xs and green Ss), and (b) the conjunction condition in which the target had either the color or the shape in common with the distracters, and thus, only the conjunction of attributes defined the target (e.g., a red X hidden among red Ts and green Xs). Each combination of number of distracters (5) and condition (2) was presented six times for a total of 60 trials. Each stimulus (i.e. target among distracters) was printed out on 28 x 21.5 cm plasticized card. Three different target letters were used in the task, and each was printed on thick plasticized cardboard (3 x 2.4 cm), so the children could manipulate it and answer by placing it over the corresponding target letter on the stimulus. The time (in seconds) required to find the target was used as a measure of performance. The number of correct answers was not used as there was an expected ceiling effect on this test.

3.4.2.3.2 Children Embedded Figures Test

The CEFT (Karp & Konstadt, 1963) involves finding a target shape camouflaged within a larger design with semantic meaning. The CEFT is made up of 14 practice trials and 25 test trials. To minimize verbal instructions, as it was done in previous studies (Courchesne et al. 2015; 2019), we removed the instruction not to rotate the target shape, which is normally part of the test instructions. We used the number of correct answers on the test, but not response time as it was only recorded for successful items.

3.4.2.4 Perceptual repetitive behaviors

Perceptual repetitive behaviors were measured using the Montreal Stimulating Play Situation– revised version (Jacques et al., 2018). This standardized play situation is videotaped and lasts approximately 30 minutes. About 40 toys specifically chosen for their perceptual properties (e.g., toys with lights, musical toys, rotating toys) were displayed in a playroom or presented to the child by an experimenter. Undergraduate students were trained over multiple sessions to code repetitive behaviors (e.g., lining up objects) using Observer XT 11 (Noldus Information Technology Inc.) until they reached a percentage of agreement of 90%. Each repetitive behavior was defined in a repertoire, so that each instance could be easily coded. In the context of this study, only the perceptual explorations described below were considered in the analysis.

Perceptual explorations were defined as repetitive behaviors that were atypical by their nature (e.g., lateral glances at objects) or by their intensity (e.g., lining up objects) and had a perceptual component. A perceptual exploration score was calculated for each participant by doing the sum of the frequency of the following repetitive behaviors: grouping objects based on their perceptual characteristics, lining up objects, writing, close gaze at objects, lateral glances at objects, and obstructed gaze at object. Scores were then divided by the total duration of the Montreal Stimulating Play Situation and multiplied by 3600 seconds. The resulting score therefore represented the number of times the child did perceptual explorations per hour.

3.4.2.5 Covariates

In addition to the child's age at T1, sex and group, family socio-economic status (SES) was computed. Standardized scores (*Z*-scores) of maternal and paternal years of education, and family income were averaged to create a family SES index.

3.4.3 Community involvement statement

Parents of autistic children and practitioners from Rivière-des-Prairies hospital were involved in discussions for priority-setting surrounding the broader longitudinal research project. There was however no community involvement in the specific analyses reported here.

3.4.4 Procedure

This longitudinal study included three time points. The first time point was at the age of diagnosis during preschool (T1; $M = 53.38$ months, $SD = 9.53$, Range = 26.67 – 70.00). The second and third time points took place approximately 1 year, (T2; $M = 67.86$ months, $SD = 10.72$, Range = 41.00 – 98.00) and 2 years later (T3; $M = 79.60$, $SD = 10.28$, Range = 57.50 – 107.00). During the first time point, participants were exposed to the Montreal Stimulating Play Situation designed to elicit restricted and repetitive behaviors in preschool children. Across all time points, children also had to complete a variety of tasks measuring FSIQ and NVIQ levels as well as perceptual skills.

Among our sample of 98 children, 89 completed the FSIQ assessment at Time 1 (T1), 64 at Time 2 (T2), and 41 at Time 3 (T3). Also, 78 children completed the NVIQ assessment at T1, 65 at T2, and 45 at T3. In all, the 98 children of our sample had available data on at least one of the FSIQ or NVIQ assessment points (i.e., T1, T2 or T3; see Table S3.1 for information on missing data).

3.4.5 Preliminary analyses

Attrition analyses suggested that the number of missing data was not associated with family SES, group (i.e., NT or autistic) or performance on perceptual predictors (VS time, CEFT score and perceptual explorations), all $ps > .05$. However, child's age at T1 was significantly associated with the number of missing data, $r = .23$, $p = .02$, such

that children who were older at T1 had more missing data. Missing data are considered missing at random when other observed variables are associated with the probability of missingness (Enders, 2010), as it is the case in our study. Consequently, missing data were handled using the robust full-information maximum likelihood (MLR) estimator, as per current best practices, which allows the estimation of model parameters using all available data and increases statistical power (Hox & Van de Schoot, 2013; Rioux & Little, 2021).

3.4.6 Analytic strategy

To describe intraindividual trajectories of children's FSIQ and NVIQ levels over time, multilevel growth curves analyses were conducted using Mplus (Muthén & Muthén, 2012). As opposed to structural equation modeling framework, multilevel modeling (MLM) framework can easily handle partially missing data, unequally spaced time points, and data collected across a range of ages within a particular measure point (Burchinal et al., 2006; Hox & Van de Schoot, 2013; Singers & Willet, 2003). Simulation studies confirm that MLM is robust for models with missing data, and for inclusion of participants with incomplete data in final models (Collins et al., 2001; Enders, 2010; Graham, 2009). Using MLM also allows for the exploration of intraindividual change over time (level-1; within-subject) as well as inter-individual differences in intercept and slopes (level-2; between-subjects : Heck & Thomas, 2015). Furthermore, it allows examining the links between variables of interests and between-subjects' differences in both intercept and slope. Using MLM, adequate statistical power is achieved with as few as 30-50 level-2 units (i.e. 30-50 children : Burchinal et al., 2006). All these attributes make MLM particularly well suited to the methodological design of our study.

3.4.6.1 Modeling change in FSIQ and NVIQ over time

Intraindividual trajectories in FSIQ and NVIQ level over time were first modeled at level-1 (within-person change over time) and differences between children were then examined at level-2 (between-person change over time). Two unconditional models were specified to ascertain the best-fitting trajectory models in FSIQ and NVIQ levels. The Model A (i.e., fixed linear model) included the fixed effect of children exact age in years, coded such that the intercept represented average FSIQ level or NVIQ level at 5 years (representing school entry in Quebec) and the slope represented the average yearly change in FSIQ or NVIQ level. The Model B (random linear model) included the random effect of time (i.e., between-subjects variability in individual intercepts and slopes). Using children's exact age enabled us to flexibly handle individually varying time scores and to estimate change in child FSIQ and NVIQ levels from 2 to 8 years.

The log-likelihood (an indicator of deviance) and the Akaike information criterion were used to assess goodness of fit. Lower values indicated better representation of the data by the model (Grimm et al., 2017). The random effects were retained if the model's log likelihood was significantly lower or remained the same with the addition of the random terms, based on an adjusted chi-square difference test (i.e., adapted to the MLR estimator), or if the model's Akaike information criterion was lowered with the addition of the random terms.

Finally, all continuous predictors were centered at the grand mean so that the intercept represents the estimated initial status (baseline level) for individuals with an average value on each predictor.

3.4.6.2 Predicting change in FSIQ and NVIQ levels over time

After modeling both FSIQ and NVIQ trajectories, a preliminary condition model was tested, including the effects of the potential covariates (i.e., child's age at T1, family

SES, sex) on FSIQ and NVIQ trajectories. Only the covariates significantly associated with the slope, the intercept or with missing data were deemed relevant for our analyses and retained in the final models. Child's age at T1 was included in all final models as it was associated with missing data, as mentioned above. Only these final models were retained to increase parsimony, maximize statistical power, and to reduce the noise that may be caused by the high number of covariates included in the preliminary models (Little, 2013).

3.4.6.3 Determining whether the predictors of change in FSIQ and NVIQ levels are the same in both groups

Group was included in the final models because our second objective was to examine whether the same variables predict the slope and intercept in autistic and NT children.

3.4.6.4 Final predictive models

Final predictive models, including the retained covariates, were estimated for each main predictor (i.e., VS time, CEFT score and perceptual explorations).

3.5 Results

3.5.1 Preliminary analyses

Table S3.2 displays the descriptive statistics for all continuous variables. All variables were normally distributed (skewness < 3.0; kurtosis < 7.0), except for NVIQ at T2 in the autistic group and NVIQ at T3 in the NT group, that showed high skewness and kurtosis. MLR estimation was used, as it is robust to non-normality.

Zero-order correlations among covariates (i.e., child's age at T1, family SES, sex and group) and main variables (i.e., VS time, CEFT score and perceptual explorations) are shown in Table S3.3.

3.5.2 Main analyses

3.5.2.1 FSIQ level trajectories

An adjusted chi-square difference test using the model's log likelihood revealed that a random linear model (Model B) was not significantly different from a fixed linear model (Model A: see Table 3.2), $\chi^2(2) = 0.37, p = .831$. As described in the analytic strategy, Model B was retained as the fit was not significantly worse than model A. Children started with an average percentile score of 53.75 at 5 years (γ_{00}), and it remained relatively stable over time as children's FSIQ level had a small non-significant decrease of 1.93 percentiles per year (γ_{10}). The covariance between the slope and intercept was not significant, which indicates that children who had a higher FSIQ level at 5 years did not show a faster or slower decrease between 5 and 8 years than those who had lower FSIQ level at baseline.

Table 3.2. *Growth Models of FSIQ Level*

	FSIQ level (ICC = 0.80)		
	Par	Model A	Model B
Intercept-initial status (5 years)	γ_{00}	53.64 (3.26)***	53.75 (3.29)***
Linear slope (yearly growth)	γ_{10}	-1.95 (1.26)	-1.93 (1.32)
Within-person variance (residual)	σ_E^2	226.66 (47.14)***	209.43 (49.31)***
Variance in initial status	σ_0^2	891.22 (101.82)***	891.02 (109.81)***
Variance in rate of change	σ_1^2	-	12.47 (35.44)
Slope intercept covariance	σ_{01}	-	5.34 (25.52)
Goodness-of-fit	LL	-899.40	-899.22
	AIC	1806.79	1810.43

Notes. Standard errors are within parentheses. ICC = Intraclass correlation; Par = Parameters; LL = Log likelihood; AIC = Akaike information criterion. Model A: Fixed linear model; Model B: Random linear model.

3.5.2.1.1 VS time, CEFT score and perceptual explorations as predictors of FSIQ level

A preliminary conditional model assessed the links between potential covariates (i.e., child's age at T1, family SES, sex and group) and FSIQ level trajectory parameters (i.e.,

between-subjects variability in the intercept and slope). This model revealed that family SES ($\gamma_{02} = 12.21$, $p < .0001$) and group ($\gamma_{03} = 53.62$, $p < .0001$) were significantly related to the intercept. The final model included the relevant covariates (i.e., child's age at T1, family SES and group), each of the perceptual predictors (i.e., VS time, CEFT score and perceptual explorations) and the interaction terms between the group and the selected predictor (see Table 3.3).

Across all models, it was found that NT children had generally better FSIQ level compared to autistic children (all $ps < .01$).

3.5.2.1.2 VS time

The interaction term (group x VS time) was not significantly associated with the FSIQ intercept nor slope and was therefore removed from the final model. The VS time, measured between 2 and 5 years, was not related to the slope, but it was significantly and negatively associated with the intercept (i.e., FSIQ at 5 years), above and beyond the child age at T1, family SES and group. These results show that in both NT and autistic groups, children who found the targets more quickly on VS had a higher FSIQ level at 5 years, and that they consistently had a higher score than their peers over time (see Figure 3.1).

3.5.2.1.3 CEFT score

The interaction term (group x CEFT score) was not associated with the FSIQ intercept nor slope, therefore it was removed from the final model. In both groups, the raw score on CEFT, measured between 2 and 5 years, was not related to the slope. However, it was significantly and positively associated with the intercept (i.e., FSIQ at 5 years), above and beyond the child's age at T1, family SES and group. These results suggest that children having a higher CEFT score at baseline had a higher FSIQ level at 5 years, and that they consistently had a higher score than their peers over time (see Figure 3.2).

Table 3.3. Final Model FSIQ Trajectory With Predictors

	Par	FSIQ level Pred 1 : VS time <i>B (SE)</i>	Pred 2: CEFT score <i>B (SE)</i>	Pred 3 : Perc explo <i>B (SE)</i>
Initial status, π_{0i}				
Intercept (5 years)	γ_{00}	54.21 (2.55)***	52.93 (2.95)***	55.51 (2.95)***
Age at T1	γ_{01}	-10.24 (2.40)***	-6.70 (2.96)*	-2.07 (2.90)
SES	γ_{02}	6.64 (2.68)*	4.84 (2.98)	4.53 (3.23)
Group	γ_{03}	23.67 (6.92)**	38.41 (7.10)***	38.09 (7.13)***
Predictor	γ_{04}	-14.61 (2.91)***	5.56 (2.83)*	-2.66 (2.98)
Interaction (Group X Pred)	γ_{05}	ns	ns	ns
Rate of change				
Child age	γ_{10}	-1.89 (1.50)	-1.46 (1.62)	-1.62 (1.65)
Age at T1	γ_{11}	-1.72 (1.57)	-0.92 (2.28)	-2.81 (2.13)
SES	γ_{12}	-1.98 (1.89)	0.20 (1.55)	0.44 (1.53)
Group	γ_{13}	3.55 (3.84)	0.77 (3.47)	-1.01 (3.52)
Predictor	γ_{14}	-0.12 (1.73)	-2.07 (1.59)	-2.08 (1.07)
Interaction (Group x Pred)	γ_{15}	ns	ns	ns
Within-person variance	σ_E^2	219.38 (55.23)***	202.90 (55.77)***	213.84 (59.87)***
Variance in initial status	σ_0^2	236.12 (62.54)*	362.39 (84.42)***	384.50 (91.95)***
Variance in rate of change	σ_1^2	9.26 (29.28)	9.83 (30.24)	11.55 (32.87)
Slope intercept covariance	σ_{01}	-12.42 (24.45)	-2.66 (31.99)	-11.38 (35.97)
Goodness-of-fit	LL	-743.66	-730.49	-679.79
	AIC	1515.31	1488.99	1387.58

Notes. AIC = Akaike information criterion; CEFT = Children Embedded Figure Test; LL = Log likelihood; Par = Parameters; Perc explo = Perceptual explorations; Pred = Predictor; SE = Standard errors; SES = Socioeconomic status; VS = Visual Search. All predictors are centered at their grand mean. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

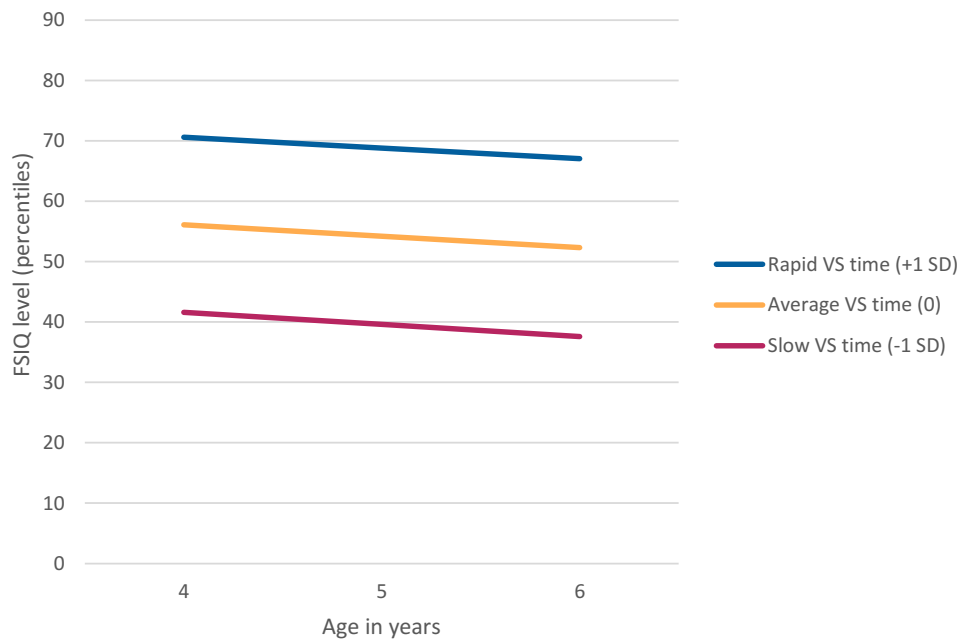


Figure 3.1. Yearly growth in FSIQ level (percentiles) according to response time (s) on Visual Search in the whole sample.

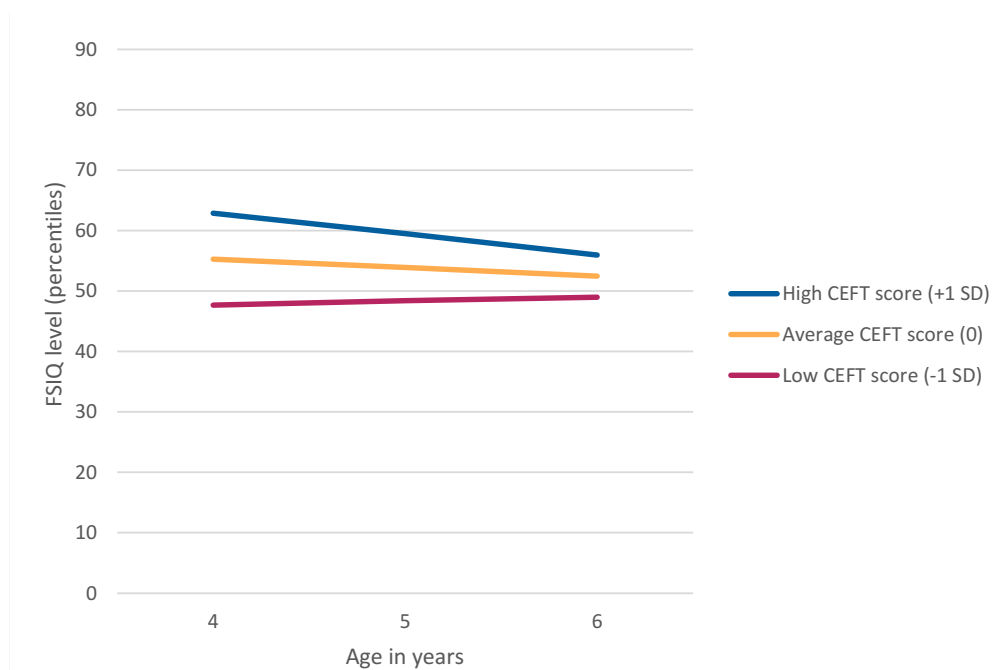


Figure 3.2. Yearly growth in FSIQ level (percentiles) according to performance on CEFT in the whole sample.

3.5.2.1.4 Perceptual explorations

The interaction term (group x perceptual explorations) was not significantly associated to the intercept (i.e., FSIQ at 5 years) nor slope and was therefore removed from the final model. The frequency of perceptual explorations, measured between 2 and 5 years, was not related to the FSIQ level at 5 years nor to slope. This result indicates that in both groups, children who manifested more frequent perceptual explorations did not demonstrate a higher or lower FSIQ level at 5 years.

3.5.2.2 NVIQ trajectories

An adjusted chi-square difference test using the model's log likelihood revealed that a random linear model (Model B) was not significantly different from a fixed linear model (Model A), $\chi^2(2) = 4.55, p = .103$ (see Table 3.4). Model B was retained as it was not significantly worse than Model A. On average, children's NVIQ level showed a non-significant decrease of 0.57 percentiles per year (γ_{10}), starting with an average percentile score of 89.30 at 5 years (γ_{00}). The covariance between the slope and intercept was not significant, which indicates that children who had a better NVIQ level at 5 years did not show a faster or slower decrease between 5 and 8 years than those who had a lower NVIQ level at T1.

3.5.2.2.1 VS time, CEFT score and perceptual explorations as predictors of NVIQ level

A preliminary conditional model assessed the effects of the potential covariates (i.e., child's age at T1, family SES, sex and group) on NVIQ level trajectory parameters. This model revealed that none of the covariates were significantly related to the intercept, therefore, only the child's age was retained as it was significantly associated with missing data. The final model included the relevant covariates (i.e., child's age at T1 and group), each of the perceptual predictors (i.e., VS time, CEFT score and perceptual explorations) and the interaction terms between the group and the selected

predictor (see Table 3.5). Across all models, it was found that NT and autistic children had generally similar NVIQ levels (all $ps > .05$).

Table 3.4 *Growth Models of NVIQ level*

	NVIQ level (ICC = 0.70)		
	Par	Model A	Model B
Intercept-initial status (5 years)	γ_{00}	88.56 (1.99)***	89.30 (1.93)***
Linear slope (yearly growth)	γ_{10}	-0.98 (1.15)	-0.57 (1.26)
Within-person variance (residual)	σ_E^2	114.88 (51.46)*	40.60 (28.75)
Variance in initial status	σ_0^2	273.21 (133.33)*	285.05 (123.79)*
Variance in rate of change	σ_1^2	-	72.21 (47.04)
Slope intercept covariance	σ_{01}	-	-55.68 (62.41)
Goodness-of-fit	LL	-793.69	-781.62
	AIC	1595.38	1575.24

Notes. Standard errors are within parentheses. ICC = Intraclass correlation; Par = Parameters; LL = Log likelihood; AIC = Akaike information criterion. Model A: Fixed linear model; Model B: Random linear model.

3.5.2.2.2 VS time

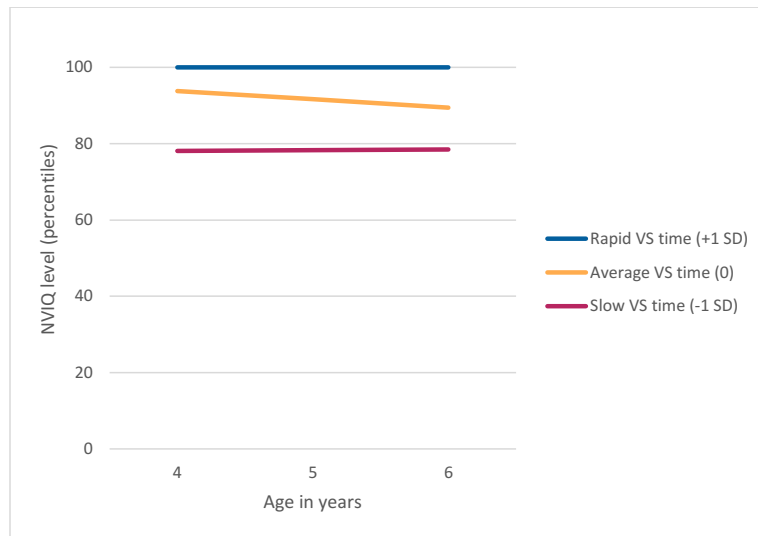
The interaction term (group x VS time) significantly predicted both the NVIQ level intercept (i.e., NVIQ at 5 years) and the slope, above and beyond the child's age at T1. The inspection of these significant interactions suggests that 1) the simple effect of VS time on NVIQ level at 5 years is greater in the autistic group and 2) the simple effect of VS time on the slope of NVIQ is greater in the NT group. Among autistic children, having a shorter VS time (i.e. better performance), measured between 2 and 5 years, was significantly associated with the intercept (i.e., NVIQ level at 5 years), and this relation remained constant over time as there was no effect of VS response time on the slope in this group (see Figure 3.3a). In contrast, among NT children, a shorter VS time at 2-5 years was not related to a higher or lower NVIQ level at 5 years, but it predicted a faster rate of change in NVIQ level, after accounting for the child's age at T1. For each second faster on VS time, NT children's yearly NVIQ growth was 3.64 percentiles

Table 3.5 Final Model NVIQ Level Trajectories With Predictors

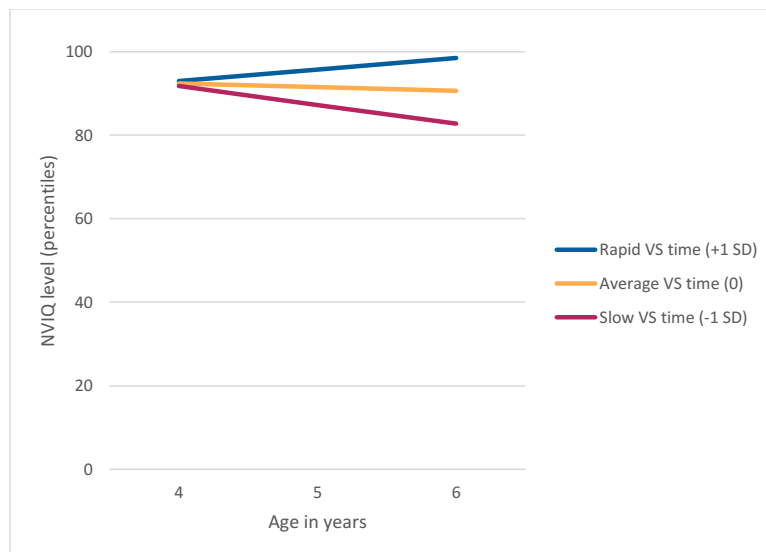
	Par	NVIQ level		
		Pred1: VS time	Pred 2: CEFT score	Pred 3: Perc explo
		<i>B (SE)</i>	<i>B (SE)</i>	<i>B (SE)</i>
Initial status, π_{0i}				
Intercept (5 y.o.)	γ_{00}	91.56 (1.51)***	89.17 (2.01)**	88.51 (2.23)***
Age at T1		-2.15 (2.36)	-0.89 (2.08)	-1.17 (2.19)
Groupe	γ_{03}	-0.09 (2.67)	8.84 (4.71)	7.23 (4.85)
Predictor	γ_{04}	-8.03 (2.32)**	5.62 (2.01)**	2.91 (1.83)
Autistics	γ_{04}	-13.33 (2.82)***	-	8.10 (3.78)*
NT	γ_{04}	-4.23 (2.87)	-	-0.75 (1.65)
Interaction (Group X Pred)	γ_{05}	9.10 (3.35)**	<i>ns</i>	-8.92 (4.27)*
Rate of change				
Child age	γ_{10}	-1.42 (0.94)	-0.45 (1.26)	0.42 (1.84)
Age at T1		-3.09 (1.64)	-2.48 (1.40)	-1.07 (1.43)
Groupe	γ_{13}	1.30 (1.72)	0.01 (3.23)	0.93 (4.18)
Predictor	γ_{14}	-1.13 (2.04)	0.76 (0.89)	-1.00 (1.51)
Autistics	γ_{14}	2.37 (3.18)	-	-
NT	γ_{14}	-3.64 (1.85)*	-	-
Interaction (Group x Pred)	γ_{15}	-6.00 (2.92)*	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Within-person variance	σ_E^2	43.29 (32.16)	43.33 (31.89)	41.44 (30.67)
Variance in initial status	σ_0^2	171.96 (69.37)*	258.98 (101.73)*	244.65 (109.03)
Variance in rate of change	σ_1^2	56.39 (39.10)	63.23 (45.38)	65.84 (53.84)
Slope intercept covariance	σ_{01}	-25.38 (29.58)	-52.03 (52.84)	-56.55 (77.83)
Goodness-of-fit	LL	-735.60	-735.12	-667.66
	AIC	1499.21	1494.25	1363.32

Notes. AIC = Akaike information criterion; CEFT = Children Embedded Figure Test; LL = Log likelihood; Par = Parameters; Pred = predictor; Perc explo = Perceptual explorations; SE = Standard errors; SES = Socioeconomic status; VS = Visual Search. All predictors are centered at their grand mean. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

better on average. These results suggest that among NT children, VS time did not predict NVIQ skills at 5 years, but shorter VS time predicted faster growth in NVIQ between 5 and 8 years (see Figure 3.3b).



a) Associations between response time (s) on Visual Search and yearly growth in NVIQ level (percentiles) among autistic children



b) Associations between response time (s) on Visual Search and yearly growth in NVIQ level (percentiles) among NT children

Figure 3.3. Yearly growth in NVIQ level (percentiles) according to response time (s) on Visual Search.

3.5.2.2.3 CEFT score

The interaction term (group x CEFT score) was not associated with the NVIQ intercept nor slope, therefore it was removed from the final model. In both groups, the raw score on CEFT, measured between 2 and 5 years, was not related to the slope. However, it was significantly and positively associated with the intercept (i.e., NVIQ at 5 years), above and beyond the child's age at T1 and group. These results suggest that both autistic and NT children having a higher score on CEFT at baseline had a higher NVIQ level at 5 years, and that they consistently had a higher score than their peers over time (see Figure 3.4).

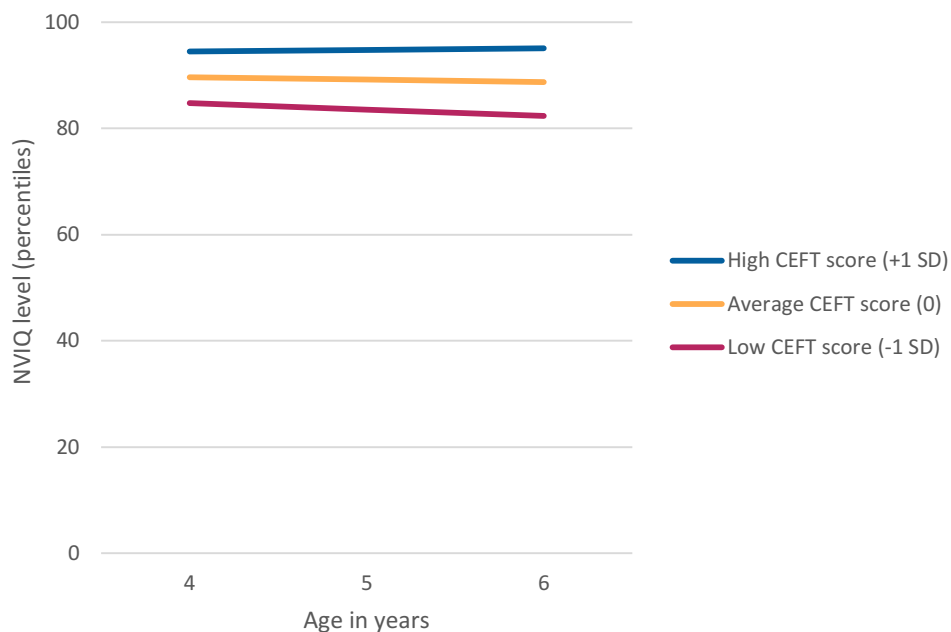


Figure 3.4. Yearly growth in NVIQ level (percentiles) according to performance on CEFT in the whole sample.

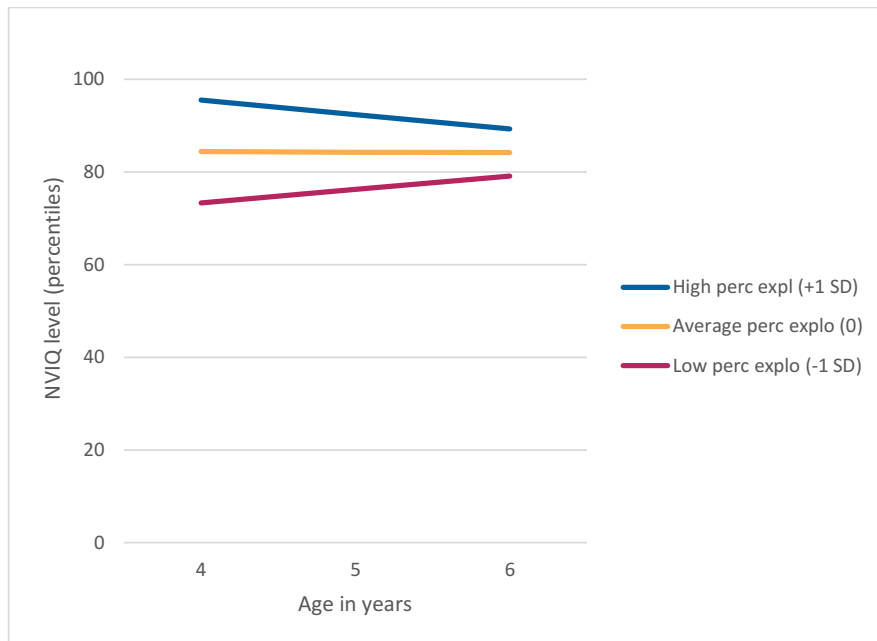
3.5.2.2.4 Perceptual explorations

The interaction term (group x perceptual explorations) was not associated with the slope, but significantly predicted the NVIQ intercept (i.e., NVIQ at 5 years), above

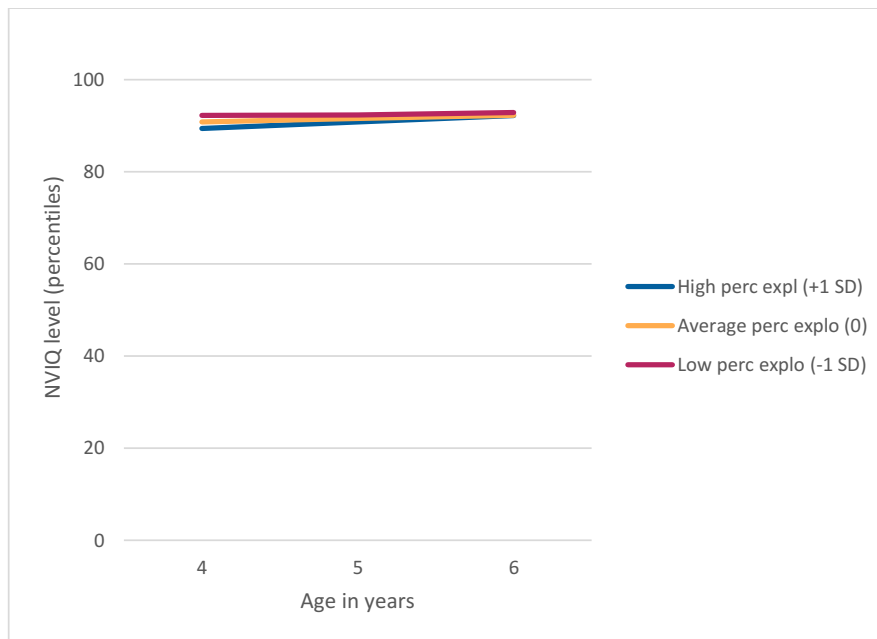
and beyond the child's age at T1. The inspection of this significant interaction suggests that the simple effect of perceptual explorations on NVIQ level at 5 years is greater in the autistic than in the NT group. Among autistic children, displaying more frequent perceptual explorations, measured between 2 and 5 years, was significantly associated with a higher NVIQ level at 5 years, and this relation remained constant over time as there was no effect of perceptual explorations on the slope in this group. Hence, autistic children who manifested more perceptual explorations had consistently higher NVIQ level over time (see Figure 3.5a). In contrast, among NT children, displaying more perceptual explorations between 2 and 5 years was not related to their NVIQ level at 5 years, after accounting for the child's age at T1, and they did not subsequently show faster, nor slower, growth from 5 to 8 years. Therefore, NT children displaying more (or less) perceptual explorations had similar NVIQ level over time (see Figure 3.5b).

Discussion

This paper set out to 1) examine whether some perceptual abilities or perceptual behaviors and interests measured at preschool age could predict the FSIQ and NVIQ levels and change at school age and 2) determine whether the predictors of change in FSIQ and NVIQ were the same in both autistic and NT groups. While we cannot infer a causal link in the present study, our results showed that the performance on perceptual tests done at preschool age is associated with a higher FSIQ level at 5 years in both autistic and NT children. Furthermore, our findings suggest that both perceptual behaviors and performance on perceptual tests at preschool age are related to a higher NVIQ level at 5 years in autistic children, whereas only CEFT score predicts NVIQ level in NT children.



a) Associations between the frequency (#/hour) of perceptual explorations and yearly growth in NVIQ level (percentiles) among autistic children



b) Associations between the frequency (#/hour) of perceptual explorations and yearly growth in NVIQ level (percentiles) among NT children

Figure 3.5. Yearly growth in NVIQ level (percentiles) according to frequency (#/hour) of perceptual explorations

This study builds on a growing body of cross-sectional work suggesting associations between perceptual abilities and intelligence, particularly when non-verbal instruments are used as a measure of intelligence (Brown & Crewther, 2017; Courchesne et al., 2019; Courchesne et al., 2015; Meilleur et al., 2014; Mottron et al., 2009). Regarding perceptual explorations, howbeit the frequency of perceptual explorations was independent of FSIQ, there was a significant positive association with NVIQ in the autistic group. This latter finding questions the common association of RRBI with poorer developmental outcomes in autism (Barrett et al., 2004; Gabriels et al., 2005; Troyb et al., 2016). This pattern of results tends to appear when studying RRBI as a whole. However, the studies documenting the association between individual behaviors and developmental outcomes find divergent results: while some behaviors seem to be associated with developmental delays, others appear to be associated with better developmental outcomes (Bishop et al., 2013; Bishop et al., 2006; Mottron et al., 2007; Richler et al., 2010). Therefore, promoting a fine-grained approach when studying RRBI might help unraveling their specific associations with developmental outcomes in autism.

Our findings are also consistent with the enhanced perceptual functioning model, suggesting a superiority in perceptual information processing as well as a more central role and independence of perceptual processes in autistic cognition (Mottron & Burack, 2001; Mottron et al., 2006). In practice, this is reflected in the peaks of abilities often found on perceptual tests or subtests regardless of FSIQ level and in a variety of perceptual behaviors such as lateral glances or lining up objects (Courchesne et al., 2019; Courchesne et al., 2015; Mottron et al., 2007). In line with the EPF model, our results suggest that the intellectual potential of preschool autistic children with little or no language could be estimated through simple observations and perceptual tasks such as the manifestation of perceptual explorations, or the performance on VS tasks and embedded figure tests (Mottron et al., 2009; Mottron et al., 2006).

Our findings are also coherent with the “p” factor hypothesis, emphasizing that perception is a fundamental component of autistic cognition and intelligence (Meilleur et al., 2014). In contrast, the performance of NT individuals on tasks measuring diverse abilities (i.e., language, memory, executive functioning, perceptual skills) would depend more on their general IQ level (McGrew, 2009). In our sample, perceptual tasks appear to be associated with intelligence, but particularly so in autistic children. Furthermore, among autistic children, early perceptual skills are particularly related to non-verbal intelligence, which seems to better reflect their intellectual potential.

3.5.3 Limitations and contributions

The results must be interpreted considering certain limitations. First, our sample size was relatively modest, and we had some attrition across time points, as can be expected in longitudinal designs (Rioux & Little, 2021). To minimize the bias that may arise with missing data, we used a full information maximum likelihood estimator as per current best practices (Enders, 2010). Furthermore, the perceptual predictors were not all measured at the same age across the preschool period. This is because autistic children were invited to take part in this study shortly after their diagnosis, and they received their diagnosis at different ages. We controlled for child age at the time of assessment to minimize the impact of this limitation.

Nonetheless, we must keep in mind that our sample was composed of autistic children representing the whole spectrum, including minimally and non-verbal children, which constitute an important proportion of autistic preschoolers (Anderson et al., 2007; Magiati et al., 2011; Norrellgen et al., 2014; Pickles et al., 2014; Rose et al., 2016; Wodka et al., 2013; Yoder et al., 2014). Young autistic children with language difficulties are often excluded from studies as it is usually harder for examiners to assess them (Russell et al., 2019). In the current study, the MLM framework allowed us to include autistic children of all levels of intelligence, adaptive functioning, and language abilities in our analyses and to document their FSIQ and NVIQ trajectories,

although some of them could not complete the intellectual assessments at some time points. Also, this study is the first to use early perceptual abilities as potential predictors of intellectual development, including perceptual explorations during a play situation. Finally, we used the same assessment tools to measure FSIQ and NVIQ levels over time to prevent the impact of the choice of tool on our longitudinal effects.

3.6 Conclusion

In conclusion, the present study brings novel understanding of the predictive role of early perceptual abilities in relation to intellectual development in childhood. Our findings support the importance of visual perception in autistic cognition and suggest that intellectual level at school age could be reflected in early perceptual abilities, such as rapid detection time, the ability to find a hidden figure in a more complex image, or the presence of perceptual explorations. The results suggest that measuring early perceptual abilities may be a valid avenue for estimating FSIQ and NVIQ at preschool age, particularly for autistic children. Ultimately, our results may help improve assessment and intervention methods, so that they include and focus more on the perceptual strengths of autistic children.

3.7 Acknowledgements

We thank the children and their family who participated in this study, as well as Valérie Bouchard, Sarah-Maude Coll, Éliane Danis, Lisa-Marie Davignon, Mélanie Descamps, David R. Pelchat, Véronique D. Thérien and Alexandra Tremblay, who helped with data collection. Grant sponsor: Canadian Institutes of Health Research, Grant #PJT178310 and Chaire de Recherche Marcel & Rolande Gosselin en Neurosciences Cognitives et Autisme de l'Université de Montréal. DG, VC, CCP, CJ and IS have no conflict of interest to declare.

3.8 References

Akshoomoff, N. (2006). Use of the Mullen Scales of Early Learning for the assessment of young children with Autism Spectrum Disorders. *Child Neuropsychology*, *12*(4-5), 269-277. <http://dx.doi.org/10.1080/09297040500473714>

Anderson, D. K., Lord, C., Risi, S., Shulman, C., Welch, K., DiLavore, P. S., Thurm, A., & Pickles, A. (2007). Patterns of Growth in Verbal Abilities Among Children With Autism Spectrum Disorder. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *75*(4), 594-604. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.75.4.594>

Barbeau, E. B., Soulières, I., Dawson, M., Zeffiro, T. A., & Mottron, L. (2013). The level and nature of autistic intelligence III: Inspection time. *Journal of Abnormal Psychology*, 295-301.

Barrett, S., Prior, M., & Manjiviona, J. (2004). Children on the borderlands of autism: differential characteristics in social, imaginative, communicative and repetitive characteristics in social, imaginative, communicative and repetitive behavior domains. *Autism*, *8*(1), 61-87.

Bishop, S., Farmer, C., & Thurm, A. (2014). Measurement of Nonverbal IQ in Autism Spectrum Disorder: Scores in Young Adulthood Compared to Early Childhood. *J Autism Dev Disord*. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2250-3>

Bishop, S., Hus Bal, V., Duncan, A. W., Huerta, M., Gotham, K., Pickles, A., Kreiger, A., Bija, A., Lund, S., & Lord, C. (2013). Subcategories of restricted and repetitive behaviors in children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, *43*(6), 1287-1297. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1671-0>

Bishop, S. L., Richler, J., & Lord, C. (2006). Association between restricted and repetitive behaviors and nonverbal IQ in children with autism spectrum disorders. *Child Neuropsychology, 12*(4-5), 247-267.

Bölte, S., Dziobek, I., & Poutska, F. (2009). Brief report: The level and nature of autistic intelligence revisited. *J Autism Dev Disord, 39*(4), 678-682. <http://doi.org/10.1007/s10803-008-0667-2>

Bornstein, M. H., Hahn, C. S., Bell, C., Haynes, O. M., Slater, A., Golding, J., Wolke, D., & the ALSPAC Study Team. (2006). Stability in Cognition Across Early Childhood: A Developmental Cascade. *Psychological science, 17*, 151. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01678.x>

Brown, A. C., & Crewther, D. P. (2017). Autistic Children Show a Surprising Relationship between Global Visual Perception, Non-Verbal Intelligence and Visual Parvocellular Function, Not Seen in Typically Developing Children. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*(239). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00239>

Burchinal, M. R., Nelson, L., & Poe, M. (2006). Growth curve analysis: An introduction to various methods for analyzing longitudinal data. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 71*, 65-87. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5834.2006.00405.x>.

Burns, N. R., Nettlebeck, T., & McPherson, J. (2009). Attention and intelligence. A factor analytic study. *Journal of Individual Differences, 30*(1), 44-57.

Charman, T., Pickles, A., Simonoff, E., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2011). IQ in children with autism spectrum disorders: data from the Special Needs and Autism

Project (SNAP). *Psychological Medicine -London-*, 41(3), 619-627. <https://doi.org/10.1017/S0033291710000991>

Charman, T., Taylor, E., Drew, A., Cockerill, H., Brown, J.-A., & Baird, G. (2005). Outcome at 7 years of children diagnosed with autism at age 2: predictive validity of assessments conducted at 2 and 3 years of age and pattern of symptom change over time. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(5), 500-513. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00377.x>

Cheung, C., Bedford, R., Johnson, M., Charman, T., & Gliga, T. (2016). Visual search performance in infants associates with later ASD diagnosis. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 29, 4-10. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.09.003>

Collins, L. M., Schafer, J. L., & Kam, C. M. (2001). A Comparison of Inclusive and Restrictive Strategies in Modern Missing Data Procedures. *Psychological Methods*, 6(4), 330-351. <https://doi.org/10.1037//1082-989X.6.4.330>

Colom, R., Jung, R. E., & Haier, R. J. (2006). Distributed brain sites for the g-factor of intelligence. *NeuroImage*, 31, 1359-1365.

Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Therriault, D. J., & Minkoff, S. R. B. (2002). A latent variable analysis of WM capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30, 163-183.

Courchesne, V., Girard, D., Jacques, C., & Soulières, I. (2019). Assessing intelligence at autism diagnosis: mission impossible? Testability and cognitive profile of autistic preschoolers. *J Autism Dev Disord*, 49(3), 845-856. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3786-4>

Courchesne, V., Meilleur, A.-A., Poulin-Lord, M., Dawson, M., & Soulières, I. (2015). Autistic children at risk of being underestimated: school-based pilot study of a strength-informed assessment. *Molecular autism*, 6, 12. <https://doi.org/10.1186/s13229-015-0006-3>

Davis, E. T., & Palmer, J. (2004). Visual search and attention: An overview. *Spatial Vision*, 17(4-5), 249-255. <https://doi.org/10.1163/1568568041920168>

Dawson, M., Soulières, I., Gernsbacher, M. A., & Mottron, L. (2007). The Level and Nature of Autistic Intelligence. *Psychological science*, 18, 657-662. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01954.x>.

Deary, I. J. (2012). Intelligence. *Annual Review of Psychology*, 63, 453-482.

Dietz, C., Swinkels, S. H., Buitelaar, J. K., Van Daalen, E., & Van Engeland, H. (2007). Stability and change of IQ scores in preschool children diagnosed with autism spectrum disorder. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 16(6), 405-410.

Eaves, L. C., & Ho, H. H. (2004). The Very Early Identification of Autism: Outcome to Age 4 1/2-5. *J Autism Dev Disord*, 34(4), 367-378.

Enders, C. K. (2010). *Applied missing data analysis*. Guilford press.

Fagan, J. F., Holland, C., & Wheeler, K. (2007). The prediction, from infancy, of adult IQ and achievement. *Intelligence*, 35(3), 225-231. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2006.07.007>

Fink, A., & Neubauer, A. C. (2005). Individual differences in time estimation related to cognitive ability, speed of information processing and WM. *Intelligence*, 33, 5-26.

Flanagan, H. E., Smith, I. M., Vaillancourt, T., Duku, E., Szatmari, P., Bryson, S., Fombonne, E., Mirenda, P., Roberts, W., Volden, J., Waddell, C., Zwaigenbaum, L., Bennett, T., Elsabbagh, M., & Georgiades, S. (2015). Stability and Change in the Cognitive and Adaptive Behaviour Scores of Preschoolers with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord*. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2433-6>

Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological science*, *17*(2), 172-179.

Gabriels, R. L., Cuccaro, M. L., Hill, D. E., Ivers, B. J., & Goldson, E. (2005). Repetitive behaviors in autism: Relationships with associated clinical features. *Res Dev Disabil*, *26*(2), 169-181.

Gagnon, D., Zeribi, A., Douard, É., Valérie, C., Rodriguez-Herreros, B., Huguet, G., Jacquemont, S., Absa Loum, M., & Mottron, L. (2021). Bayonet-shaped language development in autism with regression: a retrospective study. *Molecular autism*, *12*(35). <https://doi.org/10.1186/s13229-021-00444-8>

Gilkerson, J., Richards, J. A., Warren, S. F., Oller, K., Russo, R., & Vohr, B. (2018). Language experience in the second year of life and language outcomes in late childhood. *Pediatrics*, *142*(4), e20174276. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-4276>

Girard, D., Courchesne, V., Degré-Pelletier, J., Letendre, C., & Soulières, I. (2021). Assessing global developmental delay across instruments in minimally verbal preschool autistic children: the importance of a multi-method and multi-informant approach. *Autism Research*. <https://doi.org/10.1002/aur.2630>

Gliga, T., Bedford, R., Charman, T., Johnson, M. H., Baron-Cohen, S., Bolton, P., ..., & Fernandes, J. (2015). Enhanced visual search in infancy predicts emerging autism symptoms. *Current Biology*, 25(13), 1727-1730.

Goel, V. (2007). Anatomy of deductive reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 435-441.

Graham, J. W. (2009). Missing Data Analysis: Making It Work in the Real World. *Annual Review of Psychology*, 60, 549-576. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085530>

Grimm, K. J., Ram, N., & Estabrook, R. (2017). *Growth modeling: Structural equation and multilevel modeling approaches*. Guilford Press.

Hart, B., & Risley, T. R. (1992). American parenting of language-learning children: persisting differences in family-child interactions observed in natural home environments *Developmental psychology*, 28(6), 1096-1105.

Hart, B., & Risley, T. R. (1995). *Meaningful Differences in the Everyday Experience of Young American Children*. Publishing Co.

Hayashi, M., Kato, M., Igarashi, K., & Kashima, H. (2008). Superior fluid intelligence in children with Asperger's disorder. *Brain and Cognition*, 66(3), 306-310.

Heck, R. H., & Thomas, S. L. (2015). *An introduction to multilevel modeling techniques: MLM and SEM approaches using Mplus*. Routledge.

Hill, D., Saville, C. W., Kiely, S., Roberts, M. V., Boehm, S. G., Haenschel, C., & C, K. (2011). Early electro-cortical correlates of inspection time task performance. *Intelligence*, 39(5), 370-377.

Hox, J., & Van de Schoot, R. (2013). Robust methods for multilevel analysis. In M. A. Scott, J. S. Simonoff, & B. D. Marx (Eds.), *The SAGE handbook of multilevel modeling*. SAGE Publications.

Jacques, C., Courchesne, V., Meilleur, A.-A., Mineau, S., Ferguson, S., Cousineau, D., Labbe, A., Dawson, M., & Mottron, L. (2018). What interests young autistic children? An exploratory study of object exploration and repetitive behavior. *PLoS One*, *13*(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209251>

Joliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1997). Are People with Autism and Asperger Syndrome Faster Than Normal on the Embedded Figures Test? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *38*(5), 527-534.

Jonsdottir, S. L., Sawmundsen, E., Asmundsdottir, G., Hjartardottir, S., Asgeirsdottir, B. B., Smaradottir, H. H., Sigurdardottir, S., & Smari, J. (2007). Follow-up of children diagnosed with Pervasive Developmental Disorders: Stability and Change During the Preschool Years. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *37*, 1361-1374. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0282-z>

Kaldy, Z., Kraper, C., Carter, A. S., & Blaseer, E. (2011). Toddlers with autism spectrum disorder are more successful at visual search than typically developing toddlers. *Developmental Science*, *14*(5), 980-988.

Kaplan, R. M., & Saccuzzo, D. P. (2009). *Standardized tests in education, civil service, and the military* (7 ed.). Wadsworth.

Karp, S. A., & Konstadt, N. L. (1963). *Manual for the Children's Embedded Figures Test*. Cognitive tests.

Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the sensory abnormalities of children and adults with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5), 894-910. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0218-7>

Little, T. (2013). *Longitudinal structural equation modeling*. The Guilford Press.

Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook Jr, E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., Pickles, A., & Rutter, M. (2000). The autism diagnostic observation schedule-generic: a standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal Autism Developmental Disorders*.

Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P. C., Risi, S., Gotham, K., & Bishop, S. (2012). *Autism diagnostic observation schedule, second edition*. Western Psychological Services.

Lord, C., & Schopler, E. (1989a). The role of age at assessment, developmental level, and test in the stability of intelligence scores in young autistic children. *J Autism Dev Disord*, 19(4), 483-499.

Lord, C., & Schopler, E. (1989b). Stability of assessment results of autistic and non-autistic language-impaired children from preschool years to early school age. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 30(4), 575-590.

Magiati, I., Moss, J., Charman, T., & Howlin, P. (2011). Patterns of change in children with autism spectrum disorders who received community based comprehensive interventions in their pre-school years: a seven year follow-up study. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5, 1016-1027.

McGrew, K. S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, 37(1), 1-10.

Meilleur, A.-A., Berthiaume, C., Bertone, A., & Mottron, L. (2014). Autism-Specific Covariation in Perceptual Performances: « g » of « p » Factor? *PLoS One*, 9(8).

Morgan, B., Maybery, M., & Durkin, K. (2003). Weak central coherence, poor joint attention, and low verbal ability: independent deficits in early autism. *Developmental psychology*, 39(4), 646.

Mottron, L., & Burack, J. A. (2001). Enhanced perceptual functioning in the development of persons with autism. In J. Burack, T. Charman, N. Yirmiya, & R. Zelazo (Eds.), *The development of autism: Perspectives from theory and research* (pp. 131-148). Erlbaum.

Mottron, L., Dawson, M., & Soulières, I. (2009). Enhanced perception in savant syndrome: patterns, structure and creativity. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 364(1522), 1385-1391. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0333>

Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced perceptual functioning in autism: an update, and eight principles of autistic perception. *J Autism Dev Disord*, 36(1), 27-43. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0040-7>

Mottron, L., Mineau, S., Martel, G., Bernier, C. S., Berthiaume, C., Dawson, M., ..., & Faubert, J. (2007). Lateral glances toward moving stimuli among young children with autism: Early regulation of locally oriented perception? . *Development and Psychopathology*, 19, 23-36. <https://doi.org/S0954579407070022>

Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2012). *Mplus user's guide: Statistical analysis with latent variables* (7th edition ed.). Muthén & Muthén.

Nader, A.-M., Courchesne, V., Dawson, M., & Soulières, I. (2016). Does WISC-IV Underestimate the Intelligence of Autistic Children. *J Autism Dev Disord*, *46*, 1582-1589. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10803-014-2270-z>

Norrellgen, F., Fernell, E., Eriksson, M., Hedvall, A., Persson, C., & Sjolín, M. (2014). Children with autism spectrum disorders who do not develop phrase speech in the preschool years. *Autism*, *19*, 934-943.

Pellicano, E., Maybery, M., Durkin, K., & Maley, A. (2006). Multiple cognitive capabilities/deficits in children with an autism spectrum disorder: « Weak » central coherence and its relationship to theory of mind and executive control. *Development and Psychopathology*, *18*(1), 77.

Pickles, A., Anderson, D. K., & Lord, C. (2014). Heterogeneity and plasticity in the development of language: a 17-year follow-up of children referred early for possible autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *55*(12), 1354-1362. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12269>

Prigge, M. B. D., Bigler, E. D., Lange, N., Margan, J., Froehlich, A., Freeman, A., Kellett, K., Kane, K. L., Kina, C. K., Taylor, J., Dean III, D. C., Kina, J. B., Anderson, J. S., Zielinski, B. A., Alexander, A. L., & Lainhart, J. E. (2021). Longitudinal Stability of Intellectual Functioning in Autism Spectrum Disorder: From Age 3 Through Mid-adulthood. *J Autism Dev Disord*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10803-021-05227-x>

Rabba, A. S., Dissanayake, C., & Barbaro, J. (2019). Parents' experiences of an early autism diagnosis: Insights into their needs. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rasd.2019.101415>

Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1998). *Raven Manual*. Oxford Psychologists Press.

Richler, J., Huerta, M., Biship, S. L., & Lord, C. (2010). Developmental trajectories of restricted and repetitive behaviors and interests in children with autism spectrum disorders. *Dev Psychopathol*, 22(1), 55-69.

Rioux, C., & Little, T. D. (2021). Missing data treatments in intervention studies: What was, what is, and what should be. *International Journal of Behavioral Development*, 45(1), 51-58. <https://doi.org/10.1177/0165025419880609>

Rose, V., Trembath, D., Keen, D., & Paynter, J. (2016). The proportion of minimally verbal children with autism spectrum disorder in a community-based early intervention programme. *Journal of Intellectual Disability Research*, 60(5), 464-477. <https://doi.org/10.1111/jir.12284>

Russell, G., Mandy, W., Elliott, D., White, R., Pittwood, T., & Ford, T. (2019). Selection bias on intellectual ability in autism research: a cross-sectional review and meta-analysis. *Molecular autism*, 10(9). <https://doi.org/10.1186/s13229-019-0260-x>

Schlooz, W. A. J. M., & Hulstijn, W. (2014). Boys with autism spectrum disorders show superior performance on the adult Embedded Figures Test. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.10.004>.

Schweizer, K. (2005). An overview of research into the cognitive basis of intelligence. *Journal of Individual Differences, 26*(1), 43–51.

Schweizer, K., & Moosbrugger, H. (2004). Attention and WM as predictors of intelligence. *Intelligence, 32*, 329-347.

Singers, J. D., & Willet, J. B. (2003). *Applied longitudinal data analysis: Modeling change and event occurrence*. Oxford University Press.

Solomon, M., Iosif, A.-M., Reinhardt, V. P., Libero, L. E., Nordahl, C. W., Ozonoff, S., Rogers, S. J., & Amaral, D. (2017). What will my child's future hold? Phenotypes of Intellectual Development in 2-8-year-olds with Autism Spectrum Disorder. *Autism, 11*(1), 121-132. <https://doi.org/10.1002/aur.1884>

Soulières, I., Dawson, M., Gernsbacher, M. A., & Mottron, L. (2011). The Level and Nature of Autistic Intelligence II: What about Asperger Syndrome. *PLoS One, 6*(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025372>

Tillmann, C. M., Bohlin, G., Sorensen, L., & Lundervold, A. J. (2009). Intelligence and specific cognitive abilities in children. *Journal of Individual Differences, 30*(4), 209-219.

Tourva, A., Spanoudis, G., & Demetriou, A. (2016). Cognitive correlates of developing intelligence: The contribution of working memory, processing speed and attention. *Intelligence, 54*, 136-146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2015.12.001>

Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology, 12*, 97-136. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)

Troyb, E., Knoch, K., Herlihy, L., Stevens, M. C., Chen, C. M., & Barton, M. (2016). Restricted and repetitive behaviors as predictors of outcome in autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, *46*(4), 1282-1296.

Turner, L. M., Stone, W. L., Pozdol, S. L., & Coonrod, E. E. (2006). Follow-up of children with autism spectrum disorders from age 2 to age 9. *Autism*, *10*(3), 243-265.

Wechsler, D. (2012). *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence - Fourth Edition (WPPSI-IV)*. Pearson Education.

Wodka, E. L., Mathy, P., & Kalb, L. (2013). Predictors of Phrase and Fluent Speech in Children With Autism and Severe Language Delay. *Pediatrics*, *131*(4). <https://doi.org/10.1542/peds.2012-2221>

Yang, P., Lung, F. W., Jong, Y. J., Hsu, H. Y., & Chen, C. C. (2010). Stability and change of cognitive attributes in children with uneven/delayed cognitive development from preschool through childhood. *Research in Developmental Disabilities*, *31*, 895-902.

Yoder, P., Watson, L. R., & Lambert, W. (2014). Value-Added Predictors of Expressive and Receptive Language Growth in Initially Nonverbal Preschoolers with Autism Spectrum Disorders. *Journal Autism Developmental Disorders*, *45*(5), 1254-1270. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2286-4>

Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Rogers, T., Roberts, W., Brian, J., & Szatmari, P. (2005). Behavioral manifestations of autism in the first year of life. *International Journal of Developmental Neuroscience*, *23*(2-3), 143-152. <https://doi.org/S0736574804000553> [pii]10.1016/j.ijdevneu.2004.05.001

3.9 Supplementary material

Table S3.1 Description of Missing Data (N = 98)

Missing data	T1	T2	T3
Families left the study ^a	4	15	26
Assessment impossible ^b	7	3	0
Too old or too young for the norms	13	15	20
COVID-19	0	4	13

^aFamilies moved away or no longer had time to take part in the study; ^b Children were not able to complete FSIQ or NVIQ measures

Table S3.2 *Descriptive Statistics and p Values for Intergroup Differences*

	Autistics (9F, 32M)					NT (29F, 28M)					
	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	Range	SK	Kr	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	Range	SK	Kr	<i>p</i>
Visual Search ^a	38	9.78 (5.72)	2.95 – 30.65	1.50	3.27	56	6.08 (2.84)	2.08 – 13.90	0.73	-0.29	.001
CEFT Score ^b	36	12.19 (4.50)	4.00 – 20.00	-0.04	-0.76	56	11.91 (5.29)	2.00 – 24.00	0.44	-0.37	.789
Perc. Explorations ^c	36	38.89 (26.91)	0.00 – 128.26	1.75	3.91	44	32.94 (19.68)	7.57 – 83.45	1.07	0.41	.258
FSIQ (T1) ^d	33	27.89 (29.37)	0.05 – 93.00	0.98	-0.30	56	73.21 (23.59)	10.00 – 99.00	-0.96	0.16	<.0001
FSIQ (T2) ^d	26	31.93 (32.35)	0.01 – 97.00	0.64	-1.19	38	70.68 (20.25)	25.00 – 99.00	-0.47	-0.78	<.0001
FSIQ (T3) ^d	15	24.81 (30.96)	0.20 – 88.00	1.30	0.41	26	76.46 (20.23)	25.00 – 98.00	-1.12	0.74	<.0001
NVIQ (T1) ^d	31	82.42 (14.83)	60.00 – 114.00	0.25	-1.03	47	92.22 (8.84)	66.70 – 99.50	-1.52	1.55	.084
NVIQ (T2) ^d	28	90.75 (14.11)	25.00 – 99.00	-4.11	18.64	37	91.19 (12.73)	50.00 – 99.50	-2.05	3.59	.897
NVIQ (T3) ^d	17	80.87 (12.33)	2.50 – 95.50	-2.04	3.00	28	93.24 (8.04)	58.30. – 99.00	-3.69	14.36	.105
Age at T1	41	54.77 (10.35)	26.67 – 70.00	-0.52	-0.12	57	52.37 (8.85)	30.00 – 69.60	-0.06	-0.38	.222
Family SES	34	-0.43 (0.62)	-1.69 – 2.30	-0.45	-0.43	52	0.24 (0.10)	-1.33 – 2.15	0.01	0.33	<.0001

Notes. a = Time (s); b = Raw scores; c = # Cpt/hour; d = Percentiles; SK = Skewness; Kr = Kurtosis

Table S3.3 *Correlations Among Cognitive Level and Covariates*

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1. Visual Search ^a	-											
2. CEFT Score ^b	-.33**	-										
3. Perc Explorations ^c	-.01	-.02	-									
4. FSIQ (T1) ^d	-.48**	.17	.04	-								
5. FSIQ (T2) ^d	-.47**	.07	-.22	.70**	-							
6. FSIQ (T3) ^d	-.57**	.01	-.24	.76**	.90**	-						
7. NVIQ (T1) ^d	-.57**	.28*	.24	.45**	.18	.12	-					
8. NVIQ (T2) ^d	-.28*	.25	-.25	.35**	.20	.31	.51**	-				
9. NVIQ (T3) ^d	-.42**	.34*	.02	.46**	.35*	.37*	.42*	.80**	-			
10. Age at T1	-.31**	.36**	.04	-.23*	-.23	-.27	.10	-.02	-.24	-		
11. Family SES	-.19	.15	.13	.36**	.35**	.49**	.02	-.06	.11	.09	-	
12. Child sex ^e	-.12	-.11	-.18	.10	.23	.19	-.12	-.07	.14	.06	-.01	-
13. Group ^f	-.40**	-.03	-.13	.65**	.60**	.72**	.24*	.02	.31*	-.12	.43**	.29**

Notes. Results are based on the raw data set. ^a Time (s); ^b Score; ^c # Cpt/hour; ^d Standard scores; ^e Boys = 1, Girls = 2; ^f

Autistics = 0; NT = 1, T1 = First time point; T2 = Second time point; T3 = Third time point; * $p < .05$. ** $p < .01$.

CHAPITRE IV

DISCUSSION ET CONCLUSION

À l'âge du diagnostic, plusieurs enfants autistes sont considérés comme étant minimalement verbaux. De plus, très peu de tests intellectuels sont disponibles à l'âge préscolaire. C'est donc dire que l'évaluation intellectuelle chez les enfants autistes d'âge préscolaire comporte plusieurs défis, particulièrement pour ceux qui ont un retard cognitif et/ou de langage. Ces défis résultent souvent en la sous-estimation de leur potentiel intellectuel ou alors, mènent à l'exclusion de ces enfants dans diverses études, ce qui fait que nous en savons très peu sur leur style cognitif distinctif ainsi que sur la manière appropriée de mesurer les habiletés intellectuelles auprès de cette population. Cette thèse visait à documenter les prédicteurs et corrélats de l'intelligence autistique pouvant être identifiés dès l'âge du diagnostic.

4.1 Résumé des objectifs de recherche

La première étude de la thèse avait pour but d'examiner la manière dont le choix de l'instrument de mesure affecte le pourcentage d'enfants avec retard global de développement au sein de l'échantillon, ainsi que leurs profils cognitifs et adaptatifs. Plus spécifiquement, nous avons cherché à (a) comparer les niveaux et profils cognitifs et adaptatifs d'enfants autistes et neurotypiques d'âge préscolaire à l'aide de deux outils souvent utilisés dans les contextes cliniques et en recherche : le MSEL et le VABS et (b) comparer les profils cognitifs et adaptatifs de sous-groupes d'enfants autistes d'âge

préscolaire qui ont 1) un score au MSEL et au VABS ≥ 70 , 2) un score au MSEL < 70 , mais un score au VABS ≥ 70 , et 3) un score au MSEL et au VABS < 70 .

Le deuxième article de cette thèse visait à (a) examiner si certaines habiletés perceptives ou certains comportements et intérêts perceptifs mesurés à l'âge préscolaire peuvent prédire le QI général et le QI non verbal à l'âge scolaire, ainsi que leurs trajectoires, et (b) déterminer si les prédicteurs identifiés sont les mêmes chez les enfants autistes et neurotypiques.

4.2 Résumé des principaux résultats

4.2.1 Documenter le lien entre les niveaux et profils cognitif et adaptatif chez les enfants autistes et neurotypiques

Les résultats du premier article de la thèse indiquent que les niveaux cognitif et adaptatif ne sont pas équivalents chez les enfants autistes, avec un niveau adaptatif supérieur au niveau cognitif. Les résultats montrent aussi un profil distinctif en autisme, avec une force sur le plan des habiletés perceptives et une faiblesse en communication. Plus précisément, la performance à l'échelle *réception visuelle* était supérieure à celle des autres sous-échelles au MSEL. Puis, le profil adaptatif au VABS a révélé une performance plus faible à l'échelle communication comparativement aux autres sous-échelles. En comparaison, le groupe neurotypique avait des niveaux cognitif et adaptatif similaires. Les enfants neurotypiques ont également montré un profil homogène au MSEL. Cependant, un profil plus hétérogène a été noté au VABS, avec des forces relatives aux sous-échelles *socialisation* et *habiletés de la vie quotidienne* comparativement aux autres sous-échelles.

4.2.2 Comparaison des niveaux et profils cognitifs et adaptatifs au sein de sous-groupes d'enfants autistes

En cherchant à caractériser le groupe d'enfants autistes (étude 1), nous avons trouvé que seulement 23% satisfaisaient les critères pour un retard global de développement. Le type d'instrument utilisé semblait avoir une incidence sur le pourcentage de comorbidité entre le TSA et le retard global de développement. En effet, plus d'enfants autistes étaient jugés comme ayant un retard cognitif si le MSEL était utilisé comme outil comparativement au VABS. De manière intéressante, 33% de notre échantillon d'enfants autistes a obtenu un score dans la norme au MSEL et au VABS, malgré le fait que la majorité de l'échantillon était minimalement verbal.

Nous avons ensuite exploré les profils cognitif et adaptatif de trois sous-groupes d'enfants autistes, soit ceux ayant un score déficitaire au MSEL et au VABS, au MSEL uniquement ou à aucun des deux tests. Nous avons remarqué que les habiletés visuelles ainsi que les habiletés adaptatives rapportées par les parents semblent bien discriminer les enfants ayant un retard global de développement de ceux qui n'en ont pas. En effet, seulement le sous-groupe ayant un score déficitaire à la fois au MSEL et au VABS a montré un profil cognitif et adaptatif plutôt plat, avec des scores moyens se situant près du déficit à toutes les échelles, y compris dans les habiletés visuelles. Dans les autres sous-groupes d'enfants autistes, des forces relatives sur le plan des habiletés visuelles et des habiletés adaptatives ont été notées. De manière intéressante, certains des enfants démontrant de telles habiletés éprouvaient des difficultés langagières, avec des scores déficitaires aux échelles verbales. Cela suggère que les niveaux langagier et intellectuel ne vont pas nécessairement de pair en autisme.

4.2.3 Identification d'indicateurs précoces et prédicteurs perceptifs de l'intelligence générale chez les enfants autistes

Les résultats de la deuxième étude concernent un échantillon d'enfants autistes et neurotypiques d'âge préscolaire suivis longitudinalement entre 2 et 8 ans, selon les

cohortes. L'évaluation à l'âge préscolaire comporte plusieurs défis, ce qui contribue souvent à l'exclusion de ces enfants en recherche (surtout les enfants autistes minimalement verbaux) dont la passation de tests conventionnels n'a pas pu être réalisée. Notre choix d'analyse a permis l'inclusion de ces enfants dont certaines données étaient manquantes à travers les temps de mesure. Ainsi, notre échantillon inclut des enfants autistes de tout niveau d'intelligence, adaptatif et langagier et permet de couvrir l'ensemble du spectre autistique. Nos résultats montrent que la performance au VS et au CEFT, mesurée à l'âge préscolaire, est associée à un plus haut niveau intellectuel à 5 ans chez les autistes et les neurotypiques. De plus, nos résultats suggèrent que les explorations perceptives ainsi que la performance au VS et au CEFT, mesurées à l'âge préscolaire, permettent de prédire le QI non verbal à 5 ans chez les autistes, alors que seulement la performance au CEFT permet de prédire le QI non verbal chez les enfants neurotypiques.

4.3 Discussion générale

4.3.1 Habiletés verbales et intelligence en autisme : deux poids, deux mesures

Le premier message principal à retenir de cette thèse est que les habiletés verbales semblent indépendantes de l'intelligence chez les enfants autistes d'âge préscolaire, soit la période où ils reçoivent le diagnostic. À cet âge, une proportion importante d'enfants autistes sont minimalement verbaux (Anderson et al., 2007; Rose et al., 2016; Yoder et al., 2014). Les difficultés langagières ou l'absence de langage font qu'il est ardu de mener une évaluation intellectuelle auprès de ces enfants (Bertrand et al., 2001), entraînant des effets planchers aux tests conventionnels disponibles à cet âge (Kasari et al., 2013). De ce fait, les enfants autistes minimalement verbaux sont souvent perçus comme ayant une déficience intellectuelle (Hinzen et al., 2019). Pourtant, ce n'est pas ce que suggèrent nos résultats.

Nous sommes parmi les premiers à documenter les profils cognitifs et adaptatifs à l'âge préscolaire chez les enfants autistes minimalement verbaux. Notre recherche met en lumière le fait que la majorité de notre échantillon d'enfants autistes manifeste des habiletés visuelles et adaptatives dans la norme, malgré leurs difficultés langagières. Ainsi, ces enfants ayant un niveau de langage limité, mais des forces dans d'autres domaines sont particulièrement à risque d'être sous-estimés si l'évaluation est basée sur une mesure conventionnelle. D'ailleurs, 64% des enfants de notre échantillon étaient considérés comme ayant un retard de développement en se fiant uniquement à leur performance au MSEL (largement dépendante des habiletés verbales), alors que seulement 23% de notre échantillon rencontrait les critères d'un retard de développement global en se fiant sur les mesures cognitives *et* adaptatives dans divers contextes (évaluation clinique et entrevue avec les parents).

En somme, les habiletés langagières semblent bien distinctes du potentiel intellectuel des enfants autistes minimalement verbaux, du moins à l'âge préscolaire. Ces résultats sont cohérents avec différents modèles théoriques sur la cognition autistique (nous y reviendrons). Mentionnons pour l'instant que la plupart des enfants autistes minimalement verbaux rattraperont leur retard langagier et développeront le langage de manière assez spontanée vers l'âge de 5 ans (Gagnon et al., 2021). Il semble donc y avoir un développement du langage différent en autisme avec un retard voire une absence de langage au préscolaire, puis un gain à l'âge scolaire. Cela suggère que les habiletés langagières se développent autrement en autisme, mais qu'elles ne sont pas nécessairement déficitaires. Du moins, il serait trop tôt pour en juger lors d'une évaluation à l'âge préscolaire. Si on ne peut se fier aux habiletés de langage à l'âge du diagnostic, peut-être que des habiletés dans d'autres domaines pourraient nous aider à mesurer le plein potentiel des enfants autistes, même ceux ayant des difficultés langagières?

4.3.2 Le rôle particulier de la perception au sein de la cognition

Un deuxième message à retenir de la présente thèse est que la perception occupe une place importante au sein de la cognition chez les jeunes enfants autistes, y compris ceux qui éprouvent des difficultés langagières. Le développement de l'intelligence pourrait être davantage sous-tendu par les habiletés perceptives, telles que les habiletés de recherche visuelle, la capacité à trouver une figure enchevêtrée dans une image plus complexe ou alors la présence de certains comportements stéréotypés et répétitifs liés à la perception.

4.3.2.1 Les habiletés perceptives

En explorant les profils cognitifs et adaptatifs d'enfants autistes, nous avons montré que les forces perceptives sont présentes dès l'âge préscolaire, et ce, peu importe le niveau de langage de l'enfant (étude 1). Nous avons également montré que les habiletés perceptives sont utiles pour différencier les enfants autistes avec ou sans retard global de développement (étude 1). L'étude 2 de cette thèse est la première à évaluer le rôle prédictif d'habiletés perceptives dans l'intelligence autistique du préscolaire à l'âge scolaire. Nos résultats suggèrent que les habiletés perceptives mesurées à l'âge préscolaire prédisent les habiletés intellectuelles générales ainsi que les habiletés non verbales à l'âge scolaire.

L'ensemble de ces résultats viennent s'ajouter à la littérature existante supportant la supériorité et le rôle central de la perception dans la cognition autistique. Cette supériorité perceptive se manifeste, en partie, à travers 1) les profils cognitifs caractéristiques de l'autisme avec une force sur le plan non verbal comparé au verbal, 2) les écarts entre les performances à différents tests en faveur des tests perceptifs. Par exemple, plusieurs auteurs ont noté une force aux échelles perceptives de tests conventionnels (Charman et al., 2011; Landa & Garrett-Mayer, 2006; Mouga et al., 2016; Nader et al., 2016; Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012). Toutefois,

nous sommes parmi les premiers à le démontrer auprès d'un échantillon d'enfants autistes minimalement verbaux d'âge préscolaire (Courchesne et al., 2019). D'autres études suggèrent que la performance à certaines tâches perceptives serait plus élevée chez les autistes comparativement aux neurotypiques (Cheung et al., 2016; Gliga et al., 2015; Kaldy et al., 2011; Manjaly et al., 2007; O'Riordan et al., 2001; Plaisted et al., 1998) et que la proportion d'enfants autistes capables de compléter la tâche y est plus grande comparativement à des tâches conventionnelles (Courchesne et al., 2019). Bien qu'il ne faisait pas partie de nos objectifs principaux de comparer la performance des enfants autistes et neurotypiques aux tâches perceptives, nous avons vu que ce type de tâche semble utile pour révéler le potentiel intellectuel d'enfants autistes, qui pourra être vérifié ultérieurement via une évaluation conventionnelle. Finalement, nous avons remarqué que plus d'enfants autistes avaient complété les tâches perceptives (i.e., VS et CEFT) comparativement aux tâches conventionnelles (i.e., WPPSI-IV et MSEL), suggérant qu'elles sont plus adaptées au style cognitif particulier des jeunes enfants autistes ayant des difficultés langagières.

4.3.2.2 Les explorations perceptives et l'intelligence

En plus des habiletés perceptives supérieures capturées par des tests, la présence de comportements d'exploration perceptive fait également partie du phénotype autistique. Ces comportements perceptifs se manifestent très tôt dans le développement et sont plus prévalents chez les enfants ayant un diagnostic de TSA versus chez les enfants ayant un autre type de trouble neurodéveloppemental ou chez les enfants neurotypiques (Leekam et al., 2007; Mottron et al., 2007; Ozonoff et al., 2008). En comparaison, plusieurs autres comportements stéréotypés et restreints vus en autisme (p. ex., battement de mains, tics, persévérations) sont aussi communs à d'autres diagnostics, par exemple au sein du syndrome de Gilles de la Tourette, du trouble obsessionnel compulsif ou encore de la déficience intellectuelle (DeLoache et al., 2007; Evans & Gray, 2000; Leekam et al., 2007). Mieux comprendre le rôle des explorations

perceptives dans le développement en autisme nous a donc paru particulièrement pertinent à étudier étant donné la spécificité de ces comportements au diagnostic ainsi que leur composante perceptive.

Seulement quelques études ont exploré le lien transversal entre les comportements d'explorations perceptives et des mesures développementales et aucune n'a trouvé d'association significative (Harrop et al., 2015; Mottron et al., 2007). À notre connaissance, nous sommes les premières à montrer une association positive significative entre la fréquence des comportements d'exploration perceptives et le QI non verbal chez les enfants autistes entre l'âge préscolaire et scolaire. En effet, nous avons démontré qu'une fréquence plus élevée d'explorations perceptives à l'âge préscolaire prédit de meilleures habiletés intellectuelles telles que mesurées par un test de raisonnement fluide non verbal, mais pas le QI global à l'âge scolaire dans le groupe autiste. En comparaison, les explorations perceptives ne prédisent ni les habiletés non-verbales, ni le QI global chez les neurotypiques.

Cette association positive entre la fréquence d'explorations perceptives et le QI non verbal peut paraître contre-intuitive, car généralement, la présence de comportements stéréotypés et restreints est associée à un moins bon pronostic développemental (Barrett et al., 2004; Gabriels et al., 2005; Troyb et al., 2016). Ce patron de résultats semble particulièrement apparaître lorsque les comportements stéréotypés et restreints sont conceptualisés comme un tout indissocié. Cependant, les études s'intéressant à différents groupes de comportements plus spécifiques trouvent des résultats plus nuancés (Bishop et al., 2013; Bishop et al., 2006; Mottron et al., 2007; Richler et al., 2010). Par exemple, les mouvements répétitifs et comportements d'auto-agressivité auraient tendance à être associés à un niveau cognitif plus faible (Bishop et al., 2013; Esbensen et al., 2019). Ces comportements seraient aussi plus fréquents et sévères à la petite enfance, puis diminueraient à l'âge scolaire et à l'adolescence (Harrop et al., 2014; Richler et al., 2010). En comparaison, les comportements répétitifs complexes,

l'adhérence à des routines et les intérêts circonscrits seraient plutôt associés à un niveau cognitif plus élevé (Bishop et al., 2013; Bishop et al., 2006) et auraient tendance à augmenter au cours de la petite enfance pour ensuite demeurer stables pendant l'enfance et l'adolescence (Richler et al., 2010; South et al., 2005). Toutefois, d'autres études n'ont trouvé aucun lien entre les comportements et le niveau cognitif (Lam et al., 2008; South et al., 2005). Ainsi, plutôt que d'être représentés comme une catégorie unidimensionnelle, les comportements stéréotypés et restreints devraient plutôt être compris et étudiés comme un construit multidimensionnel. De plus, il semble important de tenir compte de l'âge des participants à l'étude afin de mieux comprendre comment ces comportements se développent en relation avec le niveau cognitif à travers le temps.

Bien qu'on ne puisse inférer un lien longitudinal causal entre la fréquence des explorations perceptives et les habiletés non verbales en autisme à partir de nos résultats, plusieurs auteurs ont émis l'hypothèse de l'existence d'un tel lien (Leekam et al., 2007; Mottron et al., 2006; Zwaigenbaum et al., 2005). Par exemple, faire tourner des objets devant les yeux, les regards rapprochés et les regards latéraux sont tous des comportements qui pourraient refléter une manière d'explorer et de capturer l'information visuelle de manière optimale pour les autistes, tout en filtrant l'excès d'information jugée distrayante, et refléteraient donc une forme de force perceptive (Kaldy et al., 2011; Mottron et al., 2007). Nos résultats appuient cette hypothèse en démontrant qu'il existe au moins une association longitudinale entre les explorations perceptives et les habiletés de raisonnement perceptif, indiquant que plus un enfant autiste fait d'explorations perceptives, plus il aura de fortes habiletés dans une tâche de raisonnement perceptif.

Combinés aux résultats des études transversales, nos résultats longitudinaux suggèrent un processus développemental dans lequel les comportements sont des *précurseurs* des habiletés non verbales (ici mesurées à l'aide des Matrices Progressives de Raven), sans nécessairement leurs être concomitants. Ainsi, les enfants autistes manifesteraient

d'abord leurs habiletés perceptives par une exploration perceptive atypique de leur environnement, leur permettant d'optimiser le traitement de l'information visuelle. Plus tard dans leur développement, ces habiletés perceptives se refléteraient à travers leur performance supérieures à certaines tâches visuelles simples telles le VS ou le CEFT. Puis, lorsqu'il deviendrait possible pour les évaluateurs d'administrer des tâches plus complexes telles les Matrices Progressives de Raven ou les échelles de Wechsler, des pics d'habiletés en non-verbal émergeraient du profil cognitif des enfants ayant de fortes habiletés perceptives.

4.3.3 Les modèles cognitifs en autisme : quels liens peut-on établir?

4.3.3.1 Le modèle du surfonctionnement perceptif

Les principaux résultats de la thèse, appuyant la place centrale de la perception au sein de la cognition et en tant que précurseur de l'intelligence en autisme, sont cohérents avec le modèle théorique du surfonctionnement perceptif (Mottron & Burack, 2001; Mottron et al., 2006).

Selon ce modèle théorique, la place centrale de la perception se traduirait d'abord par une performance plus élevée lors de diverses tâches perceptives et serait notable très tôt dans le développement. En effet, certains enfants autistes non verbaux seraient meilleurs pour détecter des lettres ou des formes géométriques comparativement à leurs pairs neurotypiques, et ce dès l'âge d'un an (Gliga et al., 2015; Kaldy et al., 2011). Cela est cohérent avec nos résultats montrant un contraste entre les difficultés de langage et les habiletés supérieures au niveau perceptif retrouvées dans notre groupe autiste (étude 1).

Ensuite, des études de connectivité cérébrale soulignent une indépendance plus grande des zones perceptives du cerveau par rapport aux zones frontales (Cherkassky et al., 2006; Just et al., 2012), ce qui est cohérent avec nos résultats démontrant des forces

perceptives chez des enfants, qui par ailleurs, éprouvent des difficultés langagières importantes (études 1 et 2).

Finalement, diverses études en neuroimagerie indiquent que la perception occupe un rôle plus d'important dans le fonctionnement du cerveau autiste. En effet, lors de la résolution d'une diversité de tâches, les autistes s'appuieraient davantage sur certaines régions postérieures du cerveau correspondant au traitement visuel de l'information, alors qu'ils solliciteraient moins d'autres parties du cortex préfrontal pour une performance égale à celle des neurotypiques, qui eux s'appuieraient davantage sur les zones frontales du cerveau (Samson et al., 2011). Cela suggère que les modes de raisonnement diffèrent entre les personnes autistes et neurotypiques et que le cerveau des autistes serait organisé de manière à favoriser les processus perceptifs. Sur le plan comportemental, ce rôle plus important de la perception en autisme se manifesterait d'abord à travers divers comportements d'exploration perceptive à un très jeune âge. Plus l'enfant grandit, plus il est capable d'accomplir des tâches complexes, en passant de tâches de recherche visuelle à des tâches de raisonnement perceptif (Mottron, 2016). Cette chaîne de manifestations des habiletés perceptives rejoint les résultats de notre étude longitudinale (étude 2), suggérant que les explorations perceptives ainsi que la performance à des tâches perceptives à l'âge préscolaire prédisent des habiletés plus complexes en raisonnement perceptif à l'âge scolaire.

Dans le même ordre d'idées, nos résultats sont cohérents avec l'hypothèse de l'existence d'un facteur « p », soutenant le rôle central de la perception dans la cognition et l'intelligence en autisme (Meilleur et al., 2014). En cohérence avec l'hypothèse du facteur « p » nos résultats longitudinaux démontrent un lien entre la performances à différentes tâches perceptives et l'intelligence, particulièrement dans le groupe autiste. De plus, chez les enfants autistes, les habiletés perceptives, mesurées à l'âge préscolaire, sont particulièrement associées aux habiletés de raisonnement

perceptif, soit des habiletés non verbales reflétant davantage leur potentiel intellectuel (étude 2).

En comparaison, chez les neurotypiques, le rôle de la perception dans la cognition serait certainement important, mais pas aussi central que ce qu'il ne l'est en autisme. En effet, les habiletés intellectuelles générales seraient sous-tendues par divers domaines d'habiletés plus spécifiques, par exemple, les fonctions exécutives, la mémoire de travail, les habiletés langagières, la vitesse de traitement de l'information (Burns et al., 2009; Deary, 2012; Gilkerson et al., 2018; McGrew, 2009; Tourva et al., 2016). D'ailleurs, nous avons montré que plus de prédicteurs perceptifs étaient associés au QI global qu'au QI non-verbal dans le groupe neurotypique, rejoignant l'idée que les diverses habiletés spécifiques sont sous-tendues par un facteur d'intelligence plus global chez ces enfants.

4.3.4 La méthode : les outils adéquats pour évaluer l'intelligence autistique?

Malgré la meilleure compréhension de la cognition autistique, il est encore difficile de bien mesurer le niveau cognitif des personnes autistes en raison de leurs profils d'habiletés et de difficultés particulières. Cela est particulièrement vrai pour les enfants autistes minimalement verbaux dont le potentiel risque d'être sous-estimé ou qui sont exclus des études en raison de la difficulté à bien les évaluer (Kasari et al., 2013; Russell et al., 2019). Les résultats de la thèse suggèrent que la cognition en autisme est différente de celle des enfants neurotypiques, s'appuyant davantage sur les processus perceptifs. Ainsi, les mesures de l'intelligence disponibles sont-elles adéquates pour mesurer le plein potentiel des enfants autistes?

Nos résultats mettent en valeur l'importance du choix de l'instrument de mesure lors de l'évaluation intellectuelle en autisme (étude 1). En effet, l'information à laquelle nous avons accès en utilisant des outils conventionnels est limitée. De plus, ces outils ne permettent pas nécessairement de déceler les habiletés particulières des enfants

autistes minimalement verbaux. C'est pourquoi nous avons aussi intégré à notre protocole de recherche une entrevue avec les parents (pour avoir un avis externe des habiletés de l'enfant dans un contexte plus familial) ainsi que des outils basés sur les forces de ces enfants. Cela a permis de tracer un portrait plus complet de leur potentiel intellectuel. Par exemple, il est intéressant de noter que malgré le fait que plusieurs enfants autistes aient obtenu des scores minimaux au MSEL et donc que la variabilité des scores était assez faible sur cette mesure, cela n'était pas le cas à l'échelle *réception visuelle* (étude 1). C'est à cette échelle qu'il y avait la plus grande variabilité des scores, suggérant une meilleure sensibilité psychométrique. En effet, ces résultats indiquent qu'une échelle mesurant les habiletés visuelles permettrait de mieux refléter le potentiel maximal de l'enfant et serait possiblement plus sensible qu'une mesure de l'intelligence globale ou que des échelles mesurant les habiletés verbales. Nos résultats mettent également en lumière le fait que de faire appel aux parents constituerait une source d'information complémentaire, étant donné les difficultés liées à l'évaluation formelle d'un enfant autiste (Akshoomoff, 2006; Eagle, 2002). En effet, l'utilisation du VABS a permis de mettre en évidence certaines habiletés adaptatives qui n'avaient pas été capturées lors de l'évaluation formelle.

Par ailleurs, nous avons démontré que les habiletés et comportements perceptifs mesurés à l'âge préscolaire sont utiles pour *prédire* le niveau intellectuel qu'un enfant autiste aura à l'âge scolaire (étude 2), et ce, pour des enfants qui ne seraient pas nécessairement en mesure de compléter les évaluations conventionnelles à un très jeune âge. En effet, alors qu'environ 78% des enfants autistes ont complété les Matrices Progressives de Raven ou le WPPSI-IV à l'âge du diagnostic, un peu plus de 90% des enfants ont complété les tâches perceptives. Ces résultats indiquent que de simples tâches mesurant les habiletés perceptives pourraient constituer une avenue intéressante pour estimer le potentiel intellectuel des enfants autistes à l'âge préscolaire, alors que la majorité de ces enfants sont minimalement verbaux.

4.3.5 Remise en question de la place de la déficience intellectuelle en autisme

Le TSA a longtemps été associé à la déficience intellectuelle avec des estimations de comorbidité avoisinant les 70% à 80% (Fombonne, 2005; Ritvo et al., 1989). Aujourd'hui, cette association est remise en question; le pourcentage de comorbidité entre le TSA et la déficience intellectuelle varie énormément d'une étude à l'autre (13% à 85%: Baio et al., 2018; Elsabbagh et al., 2012), suggérant que les deux diagnostics sont encore difficiles à distinguer.

Tel que nous l'avons vu, l'évaluation du niveau intellectuel des enfants autistes minimalement verbaux peut s'avérer difficile, voire impossible à l'aide des tests conventionnels. La plupart de ces outils requièrent de fournir des réponses verbales ou de comprendre des consignes qui sont données verbalement. Ainsi, la performance des enfants autistes minimalement verbaux est généralement très faible à ce type d'évaluation. Cependant, l'ensemble des résultats de la thèse nous amènent à conclure que le lien entre le TSA et la déficience intellectuelle est plus complexe qu'il n'y paraît et que les facteurs sous-jacents à la cognition sont différents chez les autistes comparativement aux neurotypiques, avec un rôle plus important de la perception.

Jusqu'à maintenant, nous avons montré que de faibles habiletés langagières ne reflètent pas les habiletés intellectuelles chez les enfants autistes (étude 1), que la performance dépend de l'outil utilisé en autisme (étude 1), que les habiletés perceptives seraient révélatrices du potentiel maximal de ces enfants (études 1 et 2), et que ces habiletés perceptives mesurées au préscolaire pourraient prédire le niveau cognitif général et non verbal à l'âge scolaire (étude 2). En considérant l'ensemble de ces résultats, il est possible de penser que la déficience intellectuelle n'est pas aussi présente qu'on le croit au sein du TSA, et que cette croyance découle probablement plus de la manière dont on évalue les enfants autistes que de réelles limitations des habiletés cognitives.

Remettre en question la place de la déficience intellectuelle en autisme ne revient pas à nier les difficultés auxquelles ces personnes peuvent faire face au courant de leur développement. Effectivement, les forces perceptives retrouvées chez les enfants autistes de notre échantillon ne riment pas nécessairement avec une absence de défis sur les plans de la communication verbale, des apprentissages ou de l'adaptation. Nous croyons qu'il est nécessaire de tenir compte des difficultés cognitives et adaptatives dans les évaluations et interventions, et d'ajuster les conclusions diagnostiques en conséquence. Cependant, la présente thèse soutient que la plupart des enfants autistes minimalement verbaux ont un potentiel et qu'il faut ajuster l'évaluation de manière à s'appuyer davantage sur des tâches et du matériel perceptif pour le capturer.

4.4 Implication des résultats au plan clinique

Les résultats de la thèse offrent des pistes de réflexion clinique afin de faciliter et d'optimiser l'évaluation des enfants autistes minimalement verbaux dès l'âge préscolaire.

Ces pistes de réflexion invitent à revisiter l'utilisation d'outils pour qu'ils soient plus adaptés au style cognitif de la personne autiste lors de l'évaluation intellectuelle, et ultimement, lors de l'intervention. Lors de l'évaluation intellectuelle, le but est d'évaluer une habileté donnée et non de vérifier la compréhension d'une consigne verbale, l'habileté à pointer, à demeurer attentif, etc. Bref, plusieurs facteurs confondants peuvent entrer en ligne de compte et affecter la performance de l'enfant à une tâche, et camoufler les habiletés réelles de l'enfant à ladite tâche.

4.4.1 L'importance du choix de l'outil de mesure pour l'évaluation des habiletés intellectuelles

Nos résultats sont cohérents avec une série d'études qui montre que le potentiel est dépendant de l'outil utilisé. Ainsi, selon le but de l'évaluation, il est possible d'utiliser

un test basé sur les forces de l'enfant pour mesurer son potentiel maximal. Par exemple, la performance à un test de raisonnement fluide telles les Matrices Progressives de Raven est souvent considérée comme étant plus représentative du potentiel intellectuel chez les personnes autistes (Dawson et al., 2007; Nader et al., 2016). Par ailleurs, il est bien établi que les enfants autistes performant différemment aux sous-échelles d'un même test (Dawson et al., 2007; Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012). En observant le profil cognitif à l'aide des sous-échelles à un test donné, il est également possible de vérifier si l'enfant réussit bien dans certains domaines tel le raisonnement perceptif, malgré des difficultés dans d'autres domaines tel le langage. Si certaines habiletés se démarquent et sont objectivées à travers différents tests et contextes, il serait possible d'inférer un niveau d'intelligence normal et de postuler que les difficultés observées sont davantage dues au contexte d'évaluation non adapté au phénotype autistique, qu'à un déficit réel. À titre comparatif, l'évaluation intellectuelle sera nécessairement adaptée pour un enfant non-voyant. En effet, celle-ci sera basée sur des tests ne faisant pas appel à la vision. Une performance dans la norme à ces tests indiquerait une intelligence dans la moyenne, malgré une déficience visuelle.

4.4.2 Utilisation différente des forces perceptives

Une autre option serait de prendre appui sur les forces perceptives souvent retrouvées en autisme afin de faciliter et d'optimiser l'évaluation intellectuelle. Comme démontré dans la présente thèse, les enfants autistes semblent avoir des performances particulièrement élevées aux tâches qui demandent un traitement perceptif de l'information, et les scores à ce type de tâche semblent prédire les habiletés cognitives et de raisonnement fluide plus tard à l'âge scolaire. Cette supériorité est retrouvée même chez les enfants autistes minimalement verbaux, qui performant sous la norme à d'autres échelles s'appuyant davantage sur le langage. Ainsi, les enfants autistes semblent profiter d'un accès visuel aux éléments et concepts lors de la présentation d'une tâche pour une réussite optimale. D'autres études vont en ce sens et suggèrent

que, lors d'une tâche de rappel de mots, les enfants autistes bénéficient davantage d'indices sémantiques présentés visuellement que d'indices présentés verbalement (Gladfelter et al., 2019; Kamio & Toichi, 2000) et démontrent une meilleure performance à des tâches mesurant les habiletés langagières lorsqu'un support visuel est utilisé (Trembath et al., 2015). D'autre part, une étude pilote s'intéressant aux habiletés en théorie de l'esprit chez les enfants autistes a posé l'hypothèse que les difficultés souvent retrouvées en autisme dans ce domaine sont probablement en partie dues à la nature des tâches disponibles (Girard & Garcia-Molina, 2018). Une tâche de théorie de l'esprit utilisant des stimuli entièrement non verbaux et présentant l'information sur une tablette électronique a été créée. Les résultats indiquent que les enfants autistes et neurotypiques performant de manière similaire à cette tâche et que la performance du groupe autiste était indépendante du QI global (Girard & Garcia-Molina, 2018). Ces résultats indiquent que, lorsqu'on leur en donne l'opportunité, les enfants autistes sont capables de démontrer des habiletés qui ne sont pas autant visibles dans un contexte d'évaluation conventionnel.

4.4.3 Favoriser la manipulation du matériel et l'accessibilité à l'ensemble de l'information

Lorsque l'on regarde de plus près les tâches auxquelles les enfants de notre échantillon ont le mieux réussi et/ou qui prédisaient le potentiel intellectuel ultérieur, il est possible de remarquer qu'elles semblent 1) offrir la possibilité aux enfants de manipuler les différentes cibles (p. ex., lettre cible au VS, forme cible au CEFT) et choix de réponse (pièces pour compléter la matrice aux Matrices Progressives de Raven) au lieu de devoir pointer la bonne réponse et 2) inclure toute l'information nécessaire à la complétion de la tâche. Il est à noter que les comportements d'exploration visuelle, faisant appel à la manipulation d'objets ayant des composantes perceptives, se trouvaient également parmi les prédicteurs des habiletés de raisonnement fluide à l'âge scolaire. Ainsi, il est possible que les tests d'intelligence partageant ces caractéristiques gagnent à être mis de l'avant dans un contexte d'évaluation clinique.

D'abord, le fait d'offrir la possibilité aux enfants de manipuler les différentes cibles et choix de réponse pourrait permettre de contourner les difficultés liées au pointage et aux consignes verbales. Par exemple, dans le cadre de cette thèse, les enfants ont pu manipuler physiquement le matériel présenté devant eux et placer la cible ou le choix de réponse au bon endroit. Puis, lors de l'explication des consignes, l'évaluateur pouvait utiliser des items de pratique et faire la démonstration de ce qui était attendu de l'enfant sans avoir recours aux consignes verbales. Ainsi, il est possible que la manipulation physique ait permis aux enfants autistes de notre cohorte de manifester leur plein potentiel en contournant les difficultés inhérentes au phénotype autistique.

Ensuite, le fait d'exposer les enfants autistes à beaucoup d'information simultanément peut paraître contre-intuitif étant donné les difficultés attentionnelles rapportées auprès de cette population (Teder-Sälejärvi et al., 2005). Or, selon la théorie de la charge attentionnelle (Lavie, 2005, 2010; Lavie et al., 2004), chaque individu a une capacité attentionnelle donnée qui doit être utilisée en totalité afin d'être optimisée. Dans le cas de la complétion d'une tâche ne sollicitant pas entièrement les capacités attentionnelles d'un individu, l'attention risque de se déplacer vers d'autres stimuli non pertinents à la réussite de la tâche, affectant la performance à la baisse. Ainsi, lorsque la quantité d'information présentée augmente (sans dépasser la capacité maximale de l'individu), le risque de se laisser distraire diminue. Certaines études suggèrent que les personnes autistes seraient capables de traiter simultanément une plus grande quantité d'information perceptive, comparativement aux non-autistes (Bayliss & Kritikos, 2011; Remington & Fairnie, 2017; Remington et al., 2009; Remington et al., 2012; Tillmann & Swettenham, 2017). Cette plus grande capacité d'attention perceptive permettrait d'expliquer leurs performances exceptionnelles à certaines tâches perceptives nécessitant de localiser une cible ou de dégager des patterns visuels, mais aussi leur tendance à être plus distraits par des stimuli externes lors d'une tâche ayant peu de stimuli perceptifs (Remington et al., 2009; Remington et al., 2012). Ainsi, l'ajout d'informations pertinentes à la réussite d'une tâche pourrait constituer une piste

intéressante pour favoriser l'attention et l'apprentissage chez les autistes lors de l'évaluation intellectuelle.

4.4.4 Diversifier les sources d'information et les méthodes

À partir des résultats de la présente thèse, il serait possible d'émettre la recommandation de s'appuyer sur divers contextes et types de tâches afin d'avoir un portrait plus global des habiletés intellectuelles de l'enfant autiste. En effet, nous avons démontré un important écart entre les habiletés cognitives (mesurées à l'aide d'un test conventionnel) et adaptatives (mesurées via une entrevue avec les parents) chez les enfants autistes d'âge préscolaire, mais pas chez leurs pairs neurotypiques. De plus, chez les enfants autistes minimalement verbaux ayant un QI global inférieur à 70, certaines habiletés visuelles et adaptatives ont été mises en évidence. Ces résultats permettent de remettre en question le fait d'utiliser uniquement une mesure cognitive (ou développementale dans le cas du MSEL) afin de statuer sur le niveau intellectuel de l'enfant. Lors de l'évaluation clinique, l'enfant n'est observé que durant une petite fenêtre de temps et il est possible que les parents puissent fournir des informations supplémentaires et complémentaires sur les habiletés de l'enfant (Sachse & Von Suchodoletz, 2008).

De plus, nous avons abordé le fait que certains tests conventionnels peuvent limiter la performance d'un enfant autiste. Le fait de s'appuyer sur des tâches plus simples et moins structurées sur le plan des instructions peut fournir de l'information pertinente sur les habiletés de l'enfant. En effet, nous avons démontré que la performance à des tâches de recherche visuelle et figures enchevêtrées peuvent prédire les niveaux d'intelligence générale et de raisonnement perceptif de l'enfant à l'âge scolaire.

Nous avons également inclus dans nos analyses des données issues d'une situation de jeu standardisée, plus particulièrement la fréquence des comportements d'exploration perceptivo-motrice. À titre de rappel, la situation de jeu dont il est ici question regroupe des

objets spécifiquement choisis pour susciter l'intérêt des jeunes enfants autistes. Contrairement au contexte d'évaluation cognitive, l'enfant est libre d'explorer et de manipuler les jouets qui l'intéressent spontanément. Il s'agit donc d'un contexte original, stimulant et ludique dans lequel collecter des données et cela offre aussi l'opportunité d'observer l'enfant dans un autre type d'environnement. Les résultats longitudinaux de la thèse suggèrent que les comportements d'exploration perceptive seraient indicateurs d'un plus haut niveau de raisonnement fluide à l'âge scolaire. Ainsi, même si un clinicien ne parvient pas à évaluer l'enfant dans un contexte d'évaluation formelle, il pourrait émettre des hypothèses sur les futures habiletés de l'enfant à partir d'un contexte de jeu, comme on le ferait avec des outils de dépistage.

4.5 Limites de la thèse et perspectives futures

4.5.1 Les conditions de l'évaluation intellectuelle

4.5.1.1 L'utilisation d'instruments standardisés : un possible effet plancher?

Il est à noter que nous avons utilisé certains instruments standardisés auprès d'un échantillon d'enfants autistes dont la plupart étaient minimalement verbaux. Par exemple, dans l'étude 1, nous avons utilisé le MSEL et le VABS pour évaluer les niveaux cognitif et adaptatif respectivement. Dans l'étude 2, nous avons utilisé le WPPSI-IV et les Matrices Progressives de Raven pour évaluer les niveaux d'intelligence générale et de raisonnement perceptif. Grâce à des normes, ces instruments standardisés permettent la comparaison de la performance d'un enfant par rapport à ce qui serait attendu en moyenne chez des enfants du même âge. Par contre, les instruments standardisés peuvent limiter la variation des scores retrouvés au sein d'un échantillon d'enfants autistes minimalement verbaux, car ces enfants n'y performant pas de manière optimale. Effectivement, des effets planchers peuvent être retrouvés lorsqu'une évaluation conventionnelle est menée auprès de ces enfants, malgré la présence d'autres habiletés qui se manifesteraient à l'aide de mesures basées

sur les forces en autisme et dans d'autres contextes non reliés à l'évaluation. Afin de limiter l'impact des effets planchers sur la validité de nos résultats, nous avons utilisé des analyses statistiques robustes à la non-normalité des variables.

4.5.1.2 Le contexte de l'évaluation intellectuelle

Malgré nos efforts pour capturer le potentiel intellectuel des enfants de notre échantillon, il faut garder en tête que nous ne disposions que d'une courte fenêtre d'observation pour les évaluer, le tout, dans un contexte peu familier pour l'enfant. Il est donc possible que les habiletés relevées au cours de notre évaluation ne représentent pas tout ce qu'un enfant serait capable de démontrer au quotidien, dans un contexte plus naturel (Akshoomoff, 2006; Kasari et al., 2013). Afin de limiter les impacts liés au contexte de l'évaluation sur la performance des enfants, plusieurs mesures ont été déployées. D'abord, avant les rencontres, un document contenant des photos de l'hôpital Rivière-des-Prairies, de la salle d'évaluation ainsi que de l'évaluateur était envoyé aux familles afin de réduire l'effet de nouveauté. De plus, les évaluateurs et évaluatrices étaient des étudiants au doctorat en psychologie. Ils ont tous reçu une formation théorique et pratique sur l'administration des tests cognitifs et adaptatifs auprès d'enfants autistes. Cela leur a permis de mieux s'ajuster aux besoins des enfants et de faire preuve de flexibilité dans leur évaluation. Par exemple, lorsqu'un enfant semblait distrait ou paraissait ne pas comprendre ce qui était attendu de lui à une tâche donnée, l'évaluateur inscrivait une note comme quoi il fallait essayer de nouveau la tâche à un moment ultérieur (au lieu de leur attribuer un score de zéro) et optait pour un autre test plus susceptible de susciter l'intérêt de l'enfant. Puis, plusieurs courtes pauses étaient prévues au cours de chaque rencontre afin d'éviter un effet de fatigue. Finalement, diverses méthodes d'évaluation ont été employées. En plus des mesures cognitives conventionnelles, nous avons inclus une mesure du fonctionnement adaptatif sous forme d'entrevue avec les parents afin de tracer un portrait plus complet des habiletés de l'enfant au quotidien via une autre perspective. Nous avons également

observé les enfants de notre échantillon dans un contexte de jeu (moins structuré qu'une évaluation formelle) qui a permis de mettre en lumière certains comportements d'explorations perceptives et intérêts.

4.5.2 Absence d'un groupe clinique de comparaison

Les deux études de cette thèse étaient également limitées par l'absence d'un groupe clinique de comparaison. En effet, il aurait été intéressant d'inclure un groupe clinique non autiste ayant un QI faible ou des difficultés de langage afin de mieux comprendre la spécificité des résultats obtenus dans le groupe d'enfants autistes. Cependant, un survol de la littérature permet de remarquer que le profil cognitif caractéristique de l'autisme, avec un pic d'habiletés sur le plan perceptif ainsi que des difficultés langagières, ne semble pas commun à d'autres groupes cliniques ayant un retard de langage ou cognitif. Par exemple, les enfants autistes seraient meilleurs que les enfants avec retard de langage à une tâche de figures cachées, malgré des habiletés verbales similaires (Taylor et al., 2014). Quant au profil cognitif d'enfants ayant un syndrome du X Fragile – avec un retard intellectuel – celui-ci serait caractérisé par une force sur le plan du vocabulaire réceptif, ainsi que des faiblesses sur les plans de la mémoire à court terme, de la mémoire spatiale, des fonctions exécutives ainsi que des habiletés mathématiques (Huddleston et al., 2014; Raspa et al., 2017). Les enfants ayant un syndrome de Williams ont un profil cognitif se caractérisant souvent par un retard cognitif modéré ainsi qu'un déficit dans les habiletés visuospatiales, mais des capacités de langage relativement épargnées et une force en socialisation, (Fisch et al., 2012; Fisher et al., 2016; Greer et al., 1997; Mervis & Pitts, 2015; Morris & Mervis, 2000).

4.5.3 La variabilité en autisme

Il est difficile de mener une évaluation intellectuelle valide auprès d'enfants autistes d'âge préscolaire, surtout pour les enfants présentant des difficultés de langage. La présente thèse a permis de documenter les prédicteurs et corrélats de l'intelligence

auprès de cette population sous-étudiée. L'envers de la médaille est le fait que la taille de notre échantillon est relativement modeste. Avoir accès à un bassin plus large de participants permettrait de documenter les prédicteurs et corrélats de l'intelligence à travers différents sous-groupes d'enfants autistes, par exemple selon leur sous-groupe d'appartenance diagnostique ou le sexe biologique.

En effet, il serait intéressant de vérifier si les prédicteurs et corrélats de l'intelligence sont les mêmes à travers tout le spectre. Par exemple, les enfants correspondant à l'ancien diagnostic du syndrome d'Asperger (selon les critères du DSM-IV) auraient un profil cognitif distinct des enfants autistes, avec des forces dans le domaine verbal plutôt que visuospatial (Nader et al., 2015). Selon la même étude des profils cognitifs distincts apparaîtraient chez des enfants autistes avec ou sans retard de langage (Nader et al., 2015). Finalement, le profil cognitif caractéristique de l'autisme, avec des pics d'habiletés aux échelles non verbales, aurait tendance à s'homogénéiser si l'on considère l'ensemble du spectre autistique comme un tout (Barbeau et al., 2013).

Avec un plus grand échantillon, il serait également possible de vérifier les différences de sexe quant au profil cognitif ainsi qu'au rôle de la perception dans l'intelligence autistique. À ce jour, seulement quelques études ont documenté les différences de profils entre les filles et les garçons autistes. Les filles montreraient de meilleures performances sur les plans de la vitesse de traitement de l'information et des fonctions exécutives comparativement aux garçons, tandis que les garçons seraient meilleurs à des tâches faisant appel aux habiletés visuospatiales et de langage (Bölte et al., 2011; Koyama et al., 2007; Lehnhardt et al., 2016).

Ainsi, il appert que certaines différences existent sur le plan de la cognition selon le sous-groupe diagnostique, le niveau de langage ou le sexe biologique. Il serait donc pertinent de vérifier si le rôle de la perception est aussi central et important dans la cognition au sein de chaque sous-groupe.

4.5.4 Explorer les autres modalités perceptives

Un des principaux résultats de la présente thèse est que les habiletés perceptives en modalité visuelle permettent de bien distinguer les enfants autistes d'âge préscolaire avec ou sans retard de développement (étude 1), et prédisent le niveau intellectuel plus tard à l'âge scolaire (étude 2). Toutefois, plusieurs études ont confirmé que la supériorité des habiletés perceptives est retrouvée également à travers les modalités tactile et auditive (Blakemore et al., 2006; Bonnel et al., 2010; Cascio et al., 2008; Mottron et al., 2000; Stanutz et al., 2014). Il serait donc pertinent de vérifier si des forces à des tâches faisant appel aux habiletés tactiles et auditives sont apparentes dès l'âge préscolaire et si elles sont liées, transversalement et longitudinalement, au potentiel intellectuel des enfants autistes. Étudier les forces perceptives des enfants autistes, dans toutes les modalités, permettrait de mieux comprendre la place qu'occupe la perception dans l'intelligence des personnes autistes.

4.5.5 Une étude longitudinale à plus long terme

La deuxième étude de la thèse a permis de suivre la trajectoire développementale de jeunes enfants autistes, de l'âge préscolaire au début de l'âge scolaire. Nous avons vu que différents marqueurs d'habiletés perceptives, évalués à l'âge préscolaire, sont indicateurs d'un bon potentiel intellectuel au début de l'âge scolaire. Il serait intéressant de documenter le rôle prédicteur des habiletés perceptives à plus long terme, voire de vérifier si de telles habiletés peuvent prédire la performance académique dans différentes matières chez les autistes. En effet, la relation entre le QI global à l'âge préscolaire, et la performance académique générale n'est pas encore claire. La plupart des enfants autistes obtiendraient des performances académiques supérieures à ce qui est prédit par leur QI général alors qu'une minorité aurait des résultats inférieurs à ce qui serait attendu (Chen et al., 2019; Estes et al., 2011; Kim et al., 2018; Mayes & Calhoun, 2003a, 2003b; Wei et al., 2015). En documentant les prédicteurs de la performance académique chez les enfants autistes d'âge préscolaire, cela permettrait

de mieux comprendre les facteurs sous-tendant les apprentissages académiques et ultimement, d'ajuster les interventions et les stratégies d'éducatrices pour maximiser la performance académique auprès de cette population.

CONCLUSION

L'évaluation intellectuelle chez les enfants autistes à l'âge du diagnostic comporte de nombreux défis résultant souvent en une sous-estimation de leur potentiel, particulièrement chez les enfants minimalement verbaux. Avoir accès à des indicateurs précoces du potentiel intellectuel aiderait à contourner les défis liés à l'évaluation intellectuelle à l'âge préscolaire chez ces enfants. Nos résultats soutiennent l'importance de la perception visuelle dans la cognition en autisme, et ce dès l'âge préscolaire. Nos résultats suggèrent aussi que le développement de l'intelligence pourrait être sous-tendu par des habiletés et comportements perceptifs. Dans l'ensemble, nos résultats ont le potentiel d'inspirer une approche différente lors de l'évaluation intellectuelle chez les enfants autistes à l'âge préscolaire, en se concentrant davantage sur leurs forces perceptives. En effet, les prédictors perceptifs de l'intelligence proposés ont l'avantage d'être facilement observés dès un très jeune âge sans nécessiter une évaluation formelle. Bien que les prédictors de l'intelligence proposés ne constituent pas une mesure de l'intelligence à proprement dit, et ne peuvent donc pas s'y substituer directement, ces prédictors perceptifs offrent une alternative simple et peuvent jouer un rôle important dans l'estimation précoce du potentiel cognitif autistique dans des situations où aucune version des tests conventionnels ne peut être utilisée. Il s'agit certainement d'une piste à explorer davantage compte tenu des défis inhérents à l'évaluation conventionnelle et afin de mieux prédire le niveau intellectuel des enfants autistes à l'âge du diagnostic.

ANNEXE A

AUTRES PUBLICATIONS DURANT LE DOCTORAT

Bourgeois-Guérin, V., Girard, D., Martin, C., Sussman, T., Gagnon, E., Simard, J., van Pevenage, I., Durivage, P. (en révision). Comme en temps de guerre : morts et deuils en RPA et en CHSLD pendant la pandémie de COVID-19. *Frontières*.

Girard, D., & Bourgeois-Guérin, V. (2020). Hope and Suffering: a Hermeneutical and Existential Analysis of Akhmatova's Requiem. *The Humanistic Psychologist*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1037/hum0000178>

Courchesne, V., Girard, D., Jacques, C., & Soulières, I. (2019). Assessing intelligence at autism diagnosis: mission impossible? Testability and cognitive profile of autistic pre-schoolers. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 49(3), 845-856. doi: [10.1007/s10803-018-3786-4](https://doi.org/10.1007/s10803-018-3786-4)

Bourdon, D.-E., El-Baalbaki, G., Girard, D., Lapointe-Blackburn, E., & Guay, S. (2018). Schemas and Coping Strategies in Cognitive-Behavioral Therapy for PTSD: A Systematic Review. *European Journal of Trauma & Dissociation*. 3(1), 33-47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejtd.2018.09.005>

Girard, D., Tardif, J.-C., Boisclair-Demarble, J., & D'Antono, B. (2016). Trait hostility and acute inflammatory responses to stress in the laboratory. *PlosONE*, 11(6), doi : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156329>

Courchesne, V., Nader, A.-M., Girard, D., Bouchard, V., Danis, E., & Soulières, I. (2016). Le profil cognitif au service des apprentissages : optimiser le potentiel des enfants sur le spectre de l'autisme. *Revue québécoise de psychologie*. 37(2), 1-39. doi : <https://doi.org/10.7202/1040041ar>

BIBLIOGRAPHIE

- Abdulmir, H. A., Abdul-Rasheed, O. F., & Abdulghani, E. A. (2018). Serotonin and serotonin transporter levels in autistic children. *Saudi Medical Journal*, 39(5), 487-494. <https://doi.org/10.15537/smj.2018.5.21751>
- Akshoomoff, N. (2006). Use of the Mullen Scales of Early Learning for the assessment of young children with Autism Spectrum Disorders. *Child Neuropsychology*, 12(4-5), 269-277. <https://doi.org/10.1080/09297040500473714>
- Alexander, R. M., & Reynolds, M. R. (2020). Intelligence and Adaptive Behavior: A Meta-Analysis. *School Psychology Review*, 49(2), 85-110. <https://doi.org/10.1080/2372966X.2020.1717374>
- Alfonso, V. C., Flanagan, D. P., & Radwan, S. (2005). The impact of the Cattell-Horn-Carroll theory on test development and interpretation of cognitive and academic abilities. In D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues (2 ed)*. Guilford Press.
- Allison, T., Puce, A., & McCarthy, G. (2000). Social perception from visual cues: role of the STS region. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(7), 267-278. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01501-1](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01501-1)
- Alvarez, G. A., Bebbington, K., Cleary, D., Evans, K., Glasson, E. J., Maybery, M. T., Pillar, S., Uljarevic, M., Varcin, K., Wray, J., & Whitehouse, A. J. O. (2020). The misnomer of 'high functioning autism': Intelligence is an imprecise predictor of functional abilities at diagnosis *Autism*, 24(1), 221-232. <https://doi.org/10.1177/1362361319852831>

American Psychiatric Association. (1980). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (2nd ed.)*. American Psychiatric Press.

American Psychiatric Association. (1987). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (3rd ed., rev)*. American Psychiatric Press.

American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, fourth edition (DSM-IV)*. American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, fourth edition, text revision (DSM-IV-TR)*. American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (Fifth ed.)*. American Psychiatric Association.

Anderson, D. K., Lord, C., Risi, S., Shulman, C., Welch, K., DiLavore, P. S., Thurm, A., & Pickles, A. (2007). Patterns of Growth in Verbal Abilities Among Children With Autism Spectrum Disorder. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 75*(4), 594-604. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.75.4.594>

Ankenman, K., Elgin, J., Sullivan, K., Vincent, L., & Bernier, R. (2014). Nonverbal and verbal cognitive discrepancy profiles in autism spectrum disorders: Influence of age and gender. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities, 119*(1), 84-99. <https://doi.org/10.1352/1944-7558-119.1.84>

Asperger, H. (1944). Die autistischen psychopathen im kindersalter. *Archive fur psychiatrie und Nervenkrankheiten, 117*, 76-136.

- Auyeung, B., Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Knickmeyer, R., Taylor, K., & Hackett, G. (2009). Fetal testosterone and autistic traits. *British Journal of Psychology*, *100*(1), 1-22. <https://doi.org/10.1348/000712608X311731>
- Bai, D., Yip, B. H. K., Windham, G. C., Sourander, A., Francis, R., Yoffe, R., & et al. (2019). Association of genetic and environmental factors with autism in a 5-country cohort. *JAMA Psychiatry*, *76*(10).
- Bailey, A., Le, C. A., Gottesman, I., Bolton, P., Simonoff, E., & Yuzda, E. (1995). Autism as a strongly genetic disorder: evidence from a British twin study. *Psychol Med*, *25*, 63-77.
- Baio, J., Wiggins, L., Christensen, D. L., Maenner, M. J., Daniels, J., Warren, Z., Kurzius-Spencer, M., Zahordny, W., Robinson Rosenberg, C., White, T., Durkin, M. S., P, I., Nikolaou, L., Yeargin-Allsopp, M., C, L. L., Harrington, R., Lopez, M., Fitzgerald, R. T., Hewitt, A., Pettygrove, S., Constantino, J. N., Vehorn, A., Shenouda, J., Hall-Lande, J., Braun, K. V. N., & Dowling, N. F. (2018). Prevalence of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report: Surveillance Summaries*, *67*(6), 1-23. <https://doi.org/10.15585/mmwr.ss6706a1>
- Bal, V. H., Katz, T., Bishop, S. L., & Krasileva, K. (2016). Understanding definitions of minimally verbal across instruments: evidence for subgroups within minimally verbal children and adolescents with autism spectrum disorder. *Journal of child psychology and psychiatry*, *57*(12), 1424-1433. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12609>
- Balboni, G., Tasso, A., Muratori, F., & Cubelli, R. (2016). The Vineland-II in Preschool Children with Autism Spectrum Disorders: An Item Content Category Analysis. *Journal Autism Developmental Disorders*, *46*(1), 42-52. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2533-3>

- Barbeau, E. B., Soulières, I., Dawson, M., Zeffiro, T. A., & Mottron, L. (2013). The level and nature of autistic intelligence III: Inspection time. *Journal of Abnormal Psychology, 295*-301.
- Barnea-Goraly, M., Frazier, T. W., Piacenza, L., Minshew, N. J., Keshavan, M. S., Reiss, A. L., & Hardan, A. Y. (2014). A preliminary longitudinal volumetric MRI study of amygdala and hippocampal volumes in autism. *Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry, 48*, 124-128. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2013.09.010>
- Baron-Cohen, S. (2002). The extreme male brain theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences, 6*(6), 248-254.
- Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Ashwin, C., Tavassoli, T., & Chakrabarti, B. (2009). Talent in autism: hyper-systematizing, hyper-attention to detail and sensory hypersensitivity. *Phylos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci., 364*, 1377-1383. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0337>
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a « theory of mind » ? *Cognition, 21*(1), 37-46.
- Barrett, S., Prior, M., & Manjiviona, J. (2004). Children on the borderlands of autism: differential characteristics in social, imaginative, communicative and repetitive characteristics in social, imaginative, communicative and repetitive behavior domains. *Autism, 8*(1), 61-87.
- Baum, K. T., Shear, P. K., Howe, S. R., & Bishop, S. L. (2014). A comparison of WISC—IV and SB-5 intelligence scores in adolescents with autism spectrum disorder. *Autism*.
- Bauman, M. L. (1996). Brief report: neuroanatomic observations of the brain in pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 26*, 199-203.

- Bayliss, A. P., & Kritikos, A. (2011). Brief report: Perceptual load and the autism spectrum in typically developed individuals. *J Autism Dev Disord*, *41*(11), 1573-1578. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1159-8>
- Bejerot, S., Eriksson, J. M., Bonde, S., Carlström, K., Humble, M. B., & Eriksson, E. (2012). The extreme male brain revisited: Gender coherence in adults with autism spectrum disorder. *The British Journal of Psychiatry: The Journal of Mental Science*, *201*, 116-123. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.111.097899>
- Belmonte, M. K., Allen, G., Beckel-Mitchener, A., Boulanger, L. M., Carper, R. A., & Webb, S. J. (2004). Autism and abnormal development of brain connectivity. *J Neurosci*, *24*, 9228-9231. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3340-04.2004>
- Bennetto, L., Kuschner, E. S., & Hyman, S. L. (2007). Olfaction and taste processing in autism. *Biological Psychiatry*, *62*(9), 1015-1021.
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2005). Enhanced and diminished visuo-spatial information processing in autism depends on stimulus complexity. *Brain*, *128*(10), 2430-2441. <https://doi.org/10.1093/brain/awh561>
- Bertrand, J., Mars, A., Boyle, C., Bove, F., Yeargin-Allsopp, M., & Decoufle, P. (2001). Prevalence of autism in a United States population: The Brick Township, New Jersey investigation. *Pediatrics*, *108*, 1155-1161.
- Binet, A., & Simon, T. (1905). Méthodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux. *L'Année Psychologique*, *11*, 191-244.
- Bishop, S., Farmer, C., & Thurm, A. (2014). Measurement of Nonverbal IQ in Autism Spectrum Disorder: Scores in Young Adulthood Compared to Early Childhood. *J Autism Dev Disord*. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2250-3>

- Bishop, S., Hus Bal, V., Duncan, A. W., Huerta, M., Gotham, K., Pickles, A., Kreiger, A., Bija, A., Lund, S., & Lord, C. (2013). Subcategories of restricted and repetitive behaviors in children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, *43*(6), 1287-1297. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1671-0>
- Bishop, S. L., Richler, J., & Lord, C. (2006). Association between restricted and repetitive behaviors and nonverbal IQ in children with autism spectrum disorders. *Child Neuropsychology*, *12*(4-5), 247-267.
- Blakemore, S. J., Tavassoli, T., Calo, S., Thomas, R. M., Catmur, C., Frith, U., & Haggard, P. (2006). Tactile sensitivity in Asperger syndrome. *Brain and Cognition*, *61*(1), 5-13.
- Bleuler, E. (1911). *Dementia praecox oder gruppe der schizophrenien*. Franz Deuticke.
- Bölte, S., Dektis, E., Poustka, F., & Holtmann, M. (2011). Sex differences in cognitive domains and their clinical correlates in higher-functioning autism spectrum disorders. *Autism*, *15*(4), 497-511.
- Bölte, S., Dziobek, I., & Poustka, F. (2009). Brief report: The level and nature of autistic intelligence revisited. *J Autism Dev Disord*, *39*(4), 678-682. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0667-2>
- Bölte, S., & Poustka, F. (2002). The relation between general cognitive level and adaptive behavior domains in individuals with autism with and without comorbid mental retardation. *Child Psychiatry and Human Development*, *33*(2), 165-172. <https://doi.org/10.1023/A:1020734325815>
- Bonnel, A., McAdams, S., Smith, B., Berthiaume, C., Bertone, A., Ciocca, V., ..., & Mottron, L. (2010). Enhanced pure-tone pitch discrimination among persons with autism but not Asperger syndrome. *Neuropsychologia*, *48*(9), 2465-2475.

- Brett, M., Johnsrude, I. S., & Owen, A. M. (2002). The problem of functional localization in the human brain. *Nature Review Neuroscience*, 3, 243-249.
- Brown, A. C., & Crewther, D. P. (2017). Autistic Children Show a Surprising Relationship between Global Visual Perception, Non-Verbal Intelligence and Visual Parvocellular Function, Not Seen in Typically Developing Children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11(239). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00239>
- Burchinal, M. R., Nelson, L., & Poe, M. (2006). Growth curve analysis: An introduction to various methods for analyzing longitudinal data. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 71, 65-87. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5834.2006.00405.x>.
- Burns, N. R., Nettlebeck, T., & McPherson, J. (2009). Attention and intelligence. A factor analytic study. *Journal of Individual Differences*, 30(1), 44-57.
- Caron, M.-J., Mottron, L., Berthiaume, C., & Dawson, M. (2006). Cognitive mechanisms, specificity and neural underpinnings of visuospatial peaks in autism. *Brain*, 129(7), 1789-1802.
- Carper, R. A., & Courchesne, E. (2000). Inverse correlation between frontal lobe and cerebellum sizes in children with autism. *Brain*, 123(Pt 4), 836-844.
- Carper, R. A., & Courchesne, E. (2005). Localized enlargement of the frontal cortex in early autism. *Biol.Psychiatry*, 57, 126-133.
- Carper, R. A., Moses, P., Tigue, Z. D., & Courchesne, E. (2002). Cerebral Lobes in Autism: Early Hyperplasia and Abnormal Age Effects. *NeuroImage*, 16, 1038-1051. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1099>
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities*. Cambridge University Press.

- Casanova, E. L., Sharp, J. P., Chakraborty, H., Sumi, N. S., & Casanova, M. F. (2016). Genes with high penetrance for syndromic and non-syndromic autism typically function with the nucleus and regulate gene expression. *Molecular autism*, 7(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s13229-016-0082-z>
- Cascio, C., McGlone, F., Folger, S., Tannan, V., Baranek, G., Pelphrey, K. A., & Essicck, G. (2008). Tactile perception in adults with autism: a multidimensional psychophysical study. *J Autism Dev Disord*, 38(1), 127-137.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure, growth, and action*. Houghton-Mifflin.
- Cavanagh, P. (2011). Visual cognition. *Vision Research*, 51(13), 1538-1551. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.01.015>
- Chakrabarti, S., & Fombonne, E. (2001). Pervasive developmental disorders in preschool children. *Journal of the American Medical Association*, 285, 3093-3099. <https://doi.org/10.1001/jama.285.24.3093>
- Chakrabarti, S., & Fombonne, E. (2005). Pervasive developmental disorders in preschool children: Confirmation of high prevalence. *The American Journal of Psychiatry*, 162, 1133-1141. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.162.6.1133>
- Chandler, S., Howlin, P., Simonoff, E., Kennedy, J., & Baird, G. (2016). Comparison of parental estimate of developmental age with measured IQ in children with neurodevelopmental disorders. *Child: Care, Health and Development*, 1-8. <https://doi.org/10.1111/cch.12346>
- Charman, T., Pickles, A., Simonoff, E., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2011). IQ in children with autism spectrum disorders: data from the Special Needs and Autism Project (SNAP). *Psychological Medicine -London-*, 41(3), 619-627. <https://doi.org/10.1017/S0033291710000991>

- Charman, T., Taylor, E., Drew, A., Cockerill, H., Brown, J.-A., & Baird, G. (2005). Outcome at 7 years of children diagnosed with autism at age 2: predictive validity of assessments conducted at 2 and 3 years of age and pattern of symptom change over time. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *46*(5), 500-513. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00377.x>
- Chawner, S. J. R. A., Doherty, J. L., Anney, R., Antshel, K. M., Bearden, C. E., Bernier, R., Chung, W. K., Clements, C. C., Curran, S. R., Cuturilo, G., Fiksinski, A. M., Gallagher, L., Goin-Kochel, R. P., Kushan, L., Gur, R. E., Hanson, E., Jacquemont, S., Kates, W. R., Maillard, A. M., McDonald-McGinn, D. M., Mihaljevic, M., Miller, J. S., Moss, H., Pejovic-Milovancevic, M., Schultz, R. T., Green-Snyder, L., Vorstman, J. A., Wenger, T. L., Hall, J., Owen, M. J., & van den Bree, M. (2020). A Genetics-First Approach to Dissecting the Heterogeneity of Autism: Phenotypic Comparison of Autism Risk Copy Number Variants. *American Journal of Psychiatry*, *178*(1), 77-86. <https://doi.org/10.1101/2020.01.14.20017426>
- Chen, L., Abrams, D. A., Rosenberg-Lee, M., Iuculano, T., Wakeman, H. N., Prathap, S., Chen, T., & Menon, V. (2019). Quantitative analysis of heterogeneity in academic achievement of children with autism. *Clinical Psychological Science*, *7*(2), 362-380. <https://doi.org/10.1177/2167702618809353>
- Cherkassky, V. L., Kana, R. K., Keller, T. A., & Just, M. A. (2006). Functional connectivity in a baseline resting-state network in autism. *Neuroport*, *17*, 951-961. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhl006>
- Cheung, C., Bedford, R., Johnson, M., Charman, T., & Gliga, T. (2016). Visual search performance in infants associates with later ASD diagnosis. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *29*, 4-10. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.09.003>
- Chevalier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E. S., & Schultz, R. T. (2012). The social motivation theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*, 231-239.

- Collins, L. M., Schafer, J. L., & Kam, C. M. (2001). A Comparison of Inclusive and Restrictive Strategies in Modern Missing Data Procedures. *Psychological Methods*, 6(4), 330-351. <https://doi.org/10.1037//1082-989X.6.4.330>
- Colom, R., Jung, R. E., & Haier, R. J. (2006). Distributed brain sites for the g-factor of intelligence. *NeuroImage*, 31, 1359-1365.
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Therriault, D. J., & Minkoff, S. R. B. (2002). A latent variable analysis of WM capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30, 163-183.
- Costello, E., Foley, D., & Angold, A. (2006). The prevalence of autistic spectrum disorder in children surveyed in a tertiary care epilepsy clinic. *Epilepsia*, 46, 1970-1977.
- Courchesne, E., Campbell, K., & Solso, S. (2011). Brain growth across the life span in autism: age-specific changes in anatomical pathology. *Brain.Res*, 1380, 138-145.
- Courchesne, E., Carper, R. A., & Akshoomoff, N. (2003). Evidence of brain overgrowth in the first year of life in autism. *JAMA* 290(3), 337-344. <https://doi.org/10.1001/jama.290.3.337>
- Courchesne, E., Mouton, P. R., Calhoun, M. E., & et al. (2011). Neuron number and size in prefrontal cortex of children with autism. *JAMA*, 306, 2001-2010.
- Courchesne, E., & Pierce, K. (2005). Why the frontal cortex in autism might be talking only to itself: local over-connectivity but long-distance disconnection. *Curr. Opin. Neurobiol*, 15, 225-230. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.03.001>
- Courchesne, E., Saitoh, O., Townsend, J. P., & et al. (1994). Cerebellar hypoplasia and hyperplasia in infantile autism. *Lancet*, 343, 63-64.

- Courchesne, V., Girard, D., Jacques, C., & Soulières, I. (2019). Assessing intelligence at autism diagnosis: mission impossible? Testability and cognitive profile of autistic preschoolers. *J Autism Dev Disord*, 49(3), 845-856. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3786-4>
- Courchesne, V., Meilleur, A.-A., Poulin-Lord, M., Dawson, M., & Soulières, I. (2015). Autistic children at risk of being underestimated: school-based pilot study of a strength-informed assessment. *Molecular autism*, 6, 12. <https://doi.org/10.1186/s13229-015-0006-3>
- Crespi, B. J. (2016). Autism as a disorder of high intelligence. *frontiers in neuroscience*, 10(300). <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00300>
- Croen, L. A., Grether, J. K., Hoogstrate, J., & Selvin, S. (2002). The changing prevalence of autism in California. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32, 207-215.
- D'Angelo, D., Lebon, S., Chen, Q., Martin-Brevet, S., Snyder, L. G., Hippolyte, L., Hanson, E., Maillard, A. M., Faucett, W. A., Mace, A., Pain, A., Bernier, R., Chawner, S. J., David, A., Andrieux, J., Aylward, E., Baujat, G., Caldeira, I., Conus, P., Ferrari, C., Forzano, F., Gerard, M., Goin-Kochel, R. P., Grant, E., Hunter, J. V., Isidor, B., Jacqueline, A., Jonch, A. E., Keren, B., Lacombe, D., Le Caignec, C., Martin, C. L., Mannik, K., Metspalu, A., Mignot, C., Mukherjee, P., Owen, M. J., Passeggeri, M., Rooryck-Thambo, C., Rosenfeld, J. A., Spence, S. J., Steinman, K. J., Tjernagel, J., Van Haelst, M., Shen, Y., Draganski, B., Sherr, E. H., Ledbetter, D. H., van den Bree, M. B., Beckmann, J. S., Spiro, J. E., Reymond, A., Jacquemont, S., & Chung, W. K. (2016). Defining the Effect of the 16p11.2 Duplication on Cognition, Behavior, and Medical Comorbidities. *JAMA Psychiatry*, 73(1), 20-30. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2015.2123>
- Davis, E. T., & Palmer, J. (2004). Visual search and attention: An overview. *Spatial Vision*, 17(4-5), 249-255. <https://doi.org/10.1163/1568568041920168>

- Dawson, M., Soulières, I., Gernsbacher, M. A., & Mottron, L. (2007). The Level and Nature of Autistic Intelligence. *Psychological science*, *18*, 657-662. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01954.x>.
- De Jonge, M. V., Kemner, C., de Haan, E. H., Coppens, J. E., van den Berg, T. J., & van Engeland, H. (2007). Visual information processing in high-functioning individuals with autism spectrum disorders and their parents. *Neuropsychology*, *21*(1), 65-73.
- De Rubeis, S., He, X., Goldberg, A. P., Poultney, C. S., Samocha, K., Cicek, A. E., Kou, Y., Liu, L., Fromer, M., Walker, S., & et al. (2014). Synaptic, transcriptional and chromatin genes disrupted in autism. *Nature*, *515*, 209-215.
- Deary, I. J. (2000). *Looking down on human intelligence: From psychometrics to the brain*. Oxford University Press.
- Deary, I. J. (2012). Intelligence. *Annual Review of Psychology*, *63*, 453-482.
- DeLoache, J. S., Simmcock, G., & Macari, S. (2007). Planes, trains, automobiles and tea sets: Extremely intense interests in very young children. *Dev Psychol*, *43*(6), 1579.
- Di Martino, A., Yan, C.-G., Li, Q., Denio, E., Castellanos, F. X., Alaerts, K., & et al. (2014). The autism brain imaging data exchange: towards a large-scale evaluation of the intrinsic brain architecture in autism. *Mol Psychiatry*, *19*, 659-667. <https://doi.org/10.1038/mp.2013.78>
- Dichter, G. S., Damiano, C. A., & Allen, J. A. (2012). Reward circuitry dysfunction in psychiatric and neurodevelopmental disorders and genetic syndromes: Animal models and clinical findings. *J. Neurodev. Disord.*, *4*, 19.

- Dietz, C., Swinkels, S. H., Buitelaar, J. K., Van Daalen, E., & Van Engeland, H. (2007). Stability and change of IQ scores in preschool children diagnosed with autism spectrum disorder. *European Child and Adolescent Psychiatry, 16*(6), 405-410.
- Dworzynski, K., Ronald, A., Bolton, P., & Happé, F. (2012). How different are girls and boys above and below the diagnostic threshold for autism spectrum disorders? *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 51*(8), 788-797.
- Eagle, R. S. (2002). Accessing and assessing intelligence in individuals with lower functioning autism. *Journal of Developmental Disabilities, 9*, 45-53.
- Eaves, L. C., & Ho, H. H. (2004). The Very Early Identification of Autism: Outcome to Age 4 1/2-5. *J Autism Dev Disord, 34*(4), 367-378.
- Ehlers, S., Nyden, A., Gillberg, C., Sandberg, A. D., Dahlgren, S. O., Hjelmsquist, E., & Oden, A. (1997). Asperger syndrome, autism and attention disorders: a comparative study of the cognitive profiles of 120 children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 38*(2), 207-217.
- Elsabbagh, M., Divan, G., Koh, Y.-J., Kim, Y. S., Kauchali, S., Marcin, C., Montiel-Nava, C., Patel, V., Paula, C. S., Wang, C., Yasamy, M. T., & Fombonne, E. (2012). Global prevalence of autism and other pervasive developmental disorders. *Autism Research, 5*(3), 160-179. <https://doi.org/10.1002/aur.239>
- Enders, C. K. (2010). *Applied missing data analysis*. Guilford press.
- Ernst, M., Zametkin, A. J., Matochik, J. A., Pascualvaca, D., & Cohen, R. M. (1997). Low medial prefrontal dopaminergic activity in autistic children. *Lancet, 350*, 638.

- Esbensen, A. J., Seltzer, M. M., Lam, K. S. L., & Bodfish, J. W. (2019). Age-related differences in restricted repetitive behaviors in autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, *39*, 57-66. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0599-x>
- Essa, M. M., Braidy, N., Vijayan, K. R., Subash, S., & Guillemin, G. J. (2013). Excitotoxicity in the pathogenesis of autism. *Neurotox. Res*, *23*, 393-400.
- Estes, A., Rivera, V., Bryan, M., Cali, P., & Dawson, G. (2011). Discrepancies between academic achievement and intellectual ability in higher-functioning school-aged children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord*, *41*, 1044-1052. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1127-3>
- Evans, D. W., & Gray, F. L. (2000). Compulsive-like behavior in individuals with down syndrome: its relation to mental age level. *Adapt Maladapt Behav Child Dev*, *71*(2), 288-300.
- Farmer, C., Golden, C., & Thurm, A. (2016). Concurrent validity of the differential ability scales, second edition with the Mullen Scales of Early Learning in young children with and without neurodevelopmental disorders. *Child Neuropsychology*, *22*(5), 556-569. <https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1020775>
- Fidler, D., Hepburn, S., & Rogers, S. (2006). Early learning and adaptive behaviour in toddlers with Down syndrome: Evidence for an emerging behavioural phenotype? *Down Syndrome Research and Practice*, *9*(3), 37-44. <https://doi.org/10.3104/reports.297>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage.
- Fink, A., & Neubauer, A. C. (2005). Individual differences in time estimation related to cognitive ability, speed of information processing and WM. *Intelligence*, *33*, 5-26.

- Fisch, G. S., Carpenter, N., Howard-Peebles, P. N., Holden, J. J. A., Tarleton, J., Simensen, R., & Battaglia, A. (2012). Developmental Trajectories in Syndromes with Intellectual Disability, with a focus on Wolf-Hirschorn and its Cognitive-Behavioral Profile. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities, 117*(2), 167-179. <https://doi.org/10.1352/1944-7558-117.2.167>
- Fisher, M. H., Lense, M. D., & Dykens, E. M. (2016). Longitudinal trajectories of intellectual and adaptive functioning in adolescents and adults with Williams syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research, 1*-13. <https://doi.org/10.1111/jir.12303>
- Flanagan, D. P., Ortiz, S. O., & Alfonso, V. C. (2007). *Essentials of cross-battery assessment (2 ed)*. John Wiley & Sons Inc.
- Flanagan, H. E., Smith, I. M., Vaillancourt, T., Duku, E., Szatmari, P., Bryson, S., Fombonne, E., Mirenda, P., Roberts, W., Volden, J., Waddell, C., Zwaigenbaum, L., Bennett, T., Elsabbagh, M., & Georgiades, S. (2015). Stability and Change in the Cognitive and Adaptive Behaviour Scores of Preschoolers with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord. https://doi.org/10.1007/s10803-015-2433-6*
- Folstein, S., & Rutter, M. (1977). Infantile autism: A genetic study of 21 twin pairs. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 18*(4), 297-321.
- Fombonne, E. (2003). Epidemiological surveys of autism and other pervasive developmental disorders: an update. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 33*, 365-382.
- Fombonne, E. (2005). Epidemiology of autistic disorder and other pervasive developmental disorders. *J. Clin. Psychiatry, 66*(10), 3-8.

- Fombonne, E. (2009). Epidemiology of pervasive developmental disorders. *Pediatric Research*, 65(6), 591-598.
- Fombonne, E., Marcin, C., Manero, C., Bruno, R., Diaz, C., Villalobos, M., —, & Nealy, B. (2016). Prevalence of autism spectrum disorders in Guanajuato, Mexico: The Leon survey. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46, 1669-1685.
- Fombonne, E., Quirke, S., & Hagen, A. (2009). Prevalence and interpretation of recent trends in rates of pervasive developmental disorders. *McGill Journal of Medicine*, 12(2).
- Fombonne, E., Rogé, B., Claverie, J., Courty, S., & Frémolle, J. (1999). Microcephaly and macrocephaly in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(2), 113-119. <https://doi.org/10.1023/a:1023036509476>
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological science*, 17(2), 172-179.
- Frith, U. (1989). *Autism, explaining the enigma*. Blackwell publishing.
- Frye, I. B. M. (1968). *Fremde unter uns*. Boom.
- Gabriels, R. L., Cuccaro, M. L., Hill, D. E., Ivers, B. J., & Goldson, E. (2005). Repetitive behaviors in autism: Relationships with associated clinical features. *Res Dev Disabil*, 26(2), 169-181.
- Gagnon, D., Zeribi, A., Douard, É., Valérie, C., Rodriguez-Herreros, B., Huguet, G., Jacquemont, S., Absa Loum, M., & Mottron, L. (2021). Bayonet-shaped language development in autism with regression: a retrospective study. *Molecular autism*, 12(35). <https://doi.org/10.1186/s13229-021-00444-8>

- Galle, S. A., Courchesne, V., Mottron, L., & Frasnelli, J. (2013). Olfaction in the autism spectrum *Perception*, 42(3), 341-355.
- Galton, F. (1883). *Inquiries Into the human faculty, and its development*. MacMillan.
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Moylan, J., Skularski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. (2000). The fusiform « face area » is part of a network that processes faces at the individual level. *Journal of Cognitive Neurosciences*, 12(3), 495-504. <https://doi.org/10.1162/089892900562165>
- Gernsbacher, M. A. (2017). Editorial Perspective: The use of person-first language in scholarly writing may accentuate stigma. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(7), 859-861. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12706>
- Giarelli, E., Wiggins, L. D., Rice, C. E., Levy, S. E., Kirby, R. S., Pinto-Martin, J., & Mandell, D. (2010). Sex differences in the evaluation and diagnosis of autism spectrum disorders among children. *Disability and Health Journal*, 3(2), 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2009.07.001>
- Gilkerson, J., Richards, J. A., Warren, S. F., Oller, K., Russo, R., & Vohr, B. (2018). Language experience in the second year of life and language outcomes in late childhood. *Pediatrics*, 142(4), e20174276. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-4276>
- Gilman, S. R., Iossifov, I., Levy, D., Ronemus, M., Wigler, M., & Vitkup, D. (2011). Rare de novo variants associated with autism implicate a large functional network of genes involved in formation and function of synapses. *Neuron*, 70(5), 898-907. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.05.021>
- Girard, D., Courchesne, V., Degré-Pelletier, J., Letendre, C., & Soulières, I. (2021). Assessing global developmental delay across instruments in minimally verbal preschool autistic children: the importance of a multi-method and multi-

informant approach. *Autism Research*, 15(1), 103-116.
<https://doi.org/10.1002/aur.2630>

Girard, D., & Garcia-Molina, I. (2018). *Theory of Mind and intelligence: the importance of visual stimulus in autism* International Society for Autism Research, Rotterdam: NL.

Gladfelter, A., Barron, K. L., & Johnson, E. (2019). Visual and Verbal Semantic Productions in Children with ASD, DLD, and Typical Language. *J Commun Disord*, 82, 105921. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2019.105921>

Gliga, T., Bedford, R., Charman, T., Johnson, M. H., Baron-Cohen, S., Bolton, P., ..., & Fernandes, J. (2015). Enhanced visual search in infancy predicts emerging autism symptoms. *Current Biology*, 25(13), 1727-1730.

Goel, V. (2007). Anatomy of deductive reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 435-441.

Goldberg, M. C., Spinelli, S., Joel, S., Pekar, J. J., Denckla, M. B., & Mostofsky, S. H. (2011). Children with high functioning autism show increased prefrontal and temporal cortex activity during error monitoring. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1, 47-56. <https://doi.org/doi:10.1016/j.dcn.2010.07.002>

Graham, J. W. (2009). Missing Data Analysis: Making It Work in the Real World. *Annual Review of Psychology*, 60, 549-576.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085530>

Green, A., Kenworthy, L., Mosner, M. G., Gallagher, N. M., Fearon, E. W., Balhana, C. D., & Yerys, B. (2014). Abstract analogical reasoning in high-functioning children with autism spectrum disorders. *Autism Research*, 7(6), 677-686.
<https://doi.org/1002/aur.1411>.

- Greer, M. K., Brown, F. R., Pai, G. S., Choudry, S. H., & Klein, A. J. (1997). Cognitive, adaptive, and behavioral characteristics of Williams syndrome. *American Journal of Medical Genetics*, 74(5), 521-525. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8628](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8628)
- Grimm, K. J., Ram, N., & Estabrook, R. (2017). *Growth modeling: Structural equation and multilevel modeling approaches*. Guilford Press.
- Grondhuis, S. M., & Mulick, J. A. (2013). Comparison of the Leiter international performance scale- Revised and the Stanford-Binet Intelligence Scales, 5th Edition, in children with autism spectrum disorders. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*. <https://doi.org/10.1352/1944-7558-118.1.44>
- Halford, G. S., Wilson, W. H., & Philips, S. (1998). Processing capacity defined by relational complexity: implications for comparative, developmental, and cognitive psychology. *Behav. Brain Sci*, 21, 803-831.
- Halladay, A. K., Bishop, S., Constantino, J. N., Daniels, A. M., Koenig, K., Palmer, K., ..., & Szatmari, P. (2015). Sex and gender differences in autism spectrum disorder: Summarizing evidence gaps and identifying emerging areas of priority. *Molecular autism*, 6(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s13229-015-0019-y>
- Happé, F., Briskman, J., & Frith, U. (2001). Exploring the cognitive phenotype of autism: weak « central coherence » in parents and siblings of children with autism: I. Experimental tests. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42(3), 299-307.
- Harrop, C., Gulsrud, A., & Kasari, C. (2015). Does gender moderate core deficits in ASD? An investigation into restricted and repetitive behaviors in girls and boys with ASD. *J Autism Dev Disord*, 45(11), 3644-3655.

- Harrop, C., McConachie, H., Emsley, R., Leadbitter, K., Freen, J., & PACT Consortium. (2014). Restricted and repetitive behaviors in autism spectrum disorders and typical development: cross-sectional and longitudinal comparisons. *J Autism Dev Disord*, *44*, 1207-1219. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1986-5>.
- Hart, B., & Risley, T. R. (1992). American parenting of language-learning children: persisting differences in family-child interactions observed in natural home environments *Developmental psychology*, *28*(6), 1096-1105.
- Hart, B., & Risley, T. R. (1995). *Meaningful Differences in the Everyday Experience of Young American Children*. Publishing Co.
- Hayashi, M., Kato, M., Igarashi, K., & Kashima, H. (2008). Superior fluid intelligence in children with Asperger's disorder. *Brain and Cognition*, *66*(3), 306-310.
- Hazlett, H. C., Gu, H., Munsell, B. C., Kim, S. H., Styner, M., Wolff, J. J., & Botteron, K. N. (2017). Early brain development in infants at high risk for autism spectrum disorder. *Nature*, *542*(7641), 348.
- Hazlett, H. C., Gu, H., Munsell, B. C., Kim, S. H., Styner, M., Wolff, J. J., Elison, J. T., Swanson, M. R., Zhu, H., Botteron, K. N., Collins, D. L., Constantino, J. N., Dager, S. R., Estes, A. M., Evans, A. C., Fonov, V. S., Gerig, G., Kostopoulos, P., McKinstry, R. C., Pandey, J., ..., & Statistical Analysis. (2017). Early brain development in infants at high risk for autism spectrum disorder. *Nature*, *542*(7641), 348-351. <https://doi.org/10.1038/nature21369>
- Heck, R. H., & Thomas, S. L. (2015). *An introduction to multilevel modeling techniques: MLM and SEM approaches using Mplus*. Routledge.
- Hedvall, A., Westerlund, J., Fernell, E., Holm, E., Gillberg, C., & Billstedt, E. (2014). Autism and developmental profiles in preschoolers: stability and change over time. *Acta Paediatrica*, *103*, 174-181. <https://doi.org/10.1111/apa.12455>

- Hepburn, S. L., & Moody, E. J. (2011). Diagnosing autism in individuals with known genetic syndromes: clinical considerations and implications for intervention. *Int. Rev. Res. Dev. Dis.*, *40*, 229-259. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374478-4.00009-5>
- Hill, D., Saville, C. W., Kiely, S., Roberts, M. V., Boehm, S. G., Haenschel, C., & C, K. (2011). Early electro-cortical correlates of inspection time task performance. *Intelligence*, *39*(5), 370-377.
- Hiller, R. M., Young, R. L., & Weber, N. (2016). Sex differences in pre-diagnosis concerns for children later diagnosed with autism spectrum disorder. *Autism*, *20*(1), 75-84. <https://doi.org/10.1177/1362361314568899>
- Hinzen, W., Slušná, D., Schroeder, K., Sevilla, G., & Vila Borrellas, E. (2019). Mind–Language = ? The significance of non - verbal autism. *Mind & Language*, *35*(4), 514-538. <https://doi.org/10.1111/mila.12257>
- Horder, J., Petrinovic, M. M., Mendez, M. A., Bruns, A., Takumi, T., Spooren, W., Barker, G. J., Künnecke, B., & Murphy, D. G. (2018). Transl. Glutamate and GABA in autism spectrum disorder - A translational magnetic resonance spectroscopy study in man and rodent models. *Transl. Psychiatry*, *8*, 1-11.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences. *Journal of Educational Psychology*, *57*, 253-270.
- Howlin, P. M. (1997). Diagnosis in autism: a survey of over 1200 patients in the UK. *Autism*, *1*, 135-162.

- Hox, J., & Van de Schoot, R. (2013). Robust methods for multilevel analysis. In M. A. Scott, J. S. Simonoff, & B. D. Marx (Eds.), *The SAGE handbook of multilevel modeling*. SAGE Publications.
- Huddleston, L. B., Visootsak, J., & Sherman, S. L. (2014). Cognitive aspects of fragile X syndrome. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*, 5(4), 501-508.
- Jacquemont, S., Coe, B. P., Hersch, M., Duyzend, M. H., Krumm, N., Bergmann, S., ..., & Eichler, E. E. (2014). A higher mutational burden in females supports a « female protective model » in neurodevelopmental disorders. *American Journal of Human Genetics*, 94(3), 415-425. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2014.02.001>
- Jacques, C., Courchesne, V., Meilleur, A.-A., Mineau, S., Ferguson, S., Cousineau, D., Labbe, A., Dawson, M., & Mottron, L. (2018). What interests young autistic children? An exploratory study of object exploration and repetitive behavior. *PLoS One*, 13(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209251>
- Jenkins, T. A., Nguyen, J. C., Polglaze, K. E., & Bertrand, P. P. (2016). Influence of tryptophan and serotonin on mood and cognition with a possible role of the gut-brain axis. *Nutrients*, 8, 56.
- Joliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1997). Are People with Autism and Asperger Syndrome Faster Than Normal on the Embedded Figures Test? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38(5), 527-534.
- Jonsdottir, S. L., Sawmundsen, E., Asmundsdottir, G., Hjartardottir, S., Asgeirsdottir, B. B., Smaradottir, H. H., Sigurdardottir, S., & Smari, J. (2007). Follow-up of children diagnosed with Pervasive Developmental Disorders: Stability and Change During the Preschool Years. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 1361-1374. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0282-z>

- Joseph, R. M., Tager-Flusberg, H., & Lord, C. (2002). Cognitive profiles and social-communicative functioning in children with autism spectrum disorder *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43(6), 807-821. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1469-7610.00092>
- Just, M. A., Keller, T. A., Malave, V. L., Kana, R. K., & Varma, S. (2012). Autism as a neural systems disorder: a theory of frontal-posterior underconnectivity. *Neurosci Biobehav Rev*, 36, 1292-1313. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.02.007>
- Kaldy, Z., Kraper, C., Carter, A. S., & Blaseer, E. (2011). Toddlers with autism spectrum disorder are more successful at visual search than typically developing toddlers. *Developmental Science*, 14(5), 980-988.
- Kamio, Y., & Toichi, M. (2000). Dual access to semantics in autism: Is pictorial access superior to verbal access. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41(7), 859-867.
- Kamphaus, R. W. (1993). *Clinical assessment of children's intelligence: A handbook for professional practice*. Allyn & Bacon.
- Kanne, S. M., Gerber, A. J., Quirnbach, L. M., Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., & Saulnier, C. A. (2011). The role of adaptive behavior in autism spectrum disorders: implications for functional outcome. *Journal of Autism and Developmental Disorder*, 41(8), 1007-1018. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1126-4>
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, 2, 217-250.
- Kaplan, R. M., & Saccuzzo, D. P. (2009). *Standardized tests in education, civil service, and the military* (7 ed.). Wadsworth.

- Karp, S. A., & Konstadt, N. L. (1963). *Manual for the Children's Embedded Figures Test*. Cognitive tests.
- Kasari, C., Brady, N., Lord, C., & Tager-Flusberg, H. (2013). Assessing the Minimally Verbal School-Aged Child with Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, 6(6). <https://doi.org/10.1002/aur.1334>
- Keïta, L., Guy, J., Berthiaume, C., Mottron, L., & Bertone, A. (2014). An early origin for detailed perception in autism: biased sensitivity for high-spatial frequency information. *Scientific Reports*, 4.
- Kenny, L., Hattersley, C., Molins, B., Buckley, C., Povey, C., & Pellicano, E. (2016). Which terms should be used to describe autism? Perspectives from the UK autism community. *Autism*, 20, 442-462.
- Kenworthy, L., Case, L., Harms, M. B., Martin, A., & Wallace, G. L. (2010). Adaptive behavior ratings correlate with symptomatology and IQ among individuals with high-functioning autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, 40(4), 416-423. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0911-4>
- Keown, C. L., Shih, P., Nair, A., Peterson, N., Mulvey, M. E., & Müller, R. A. (2013). Local functional overconnectivity in posterior brain regions is associated with symptom severity in autism spectrum disorders. *Cell Reports*, 5(3), 567-572. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2013.10.003>
- Kim, D. J., Davis, E. P., Sandman, C. A., Sporns, O., O'Donnell, B. F., Buss, C., & et al. (2016). Children's intellectual ability is associated with structural network integrity. *NeuroImage*, 124, 550-556. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.09.012>
- Kim, S. H., Bal, V. H., & Lord, C. (2018). Longitudinal follow-up of academic achievement in children with autism from age 2 to 18. *Journal of Child*

Psychology and Psychiatry, 59(3), 258-267.
<https://doi.org/10.1111/jcpp.12808>

Kim, Y. S., Leventhal, B. L., Koh, Y. J., Fombonne, E., Laska, E., Lim, E. C., & Grinker, R. R. (2011). Prevalence of autism spectrum disorder in a total population sample. *American Journal of Psychiatry*, 168, 904-912.

Kirkovski, M., Enticott, P. G., & Fitzgerald, P. B. (2013). A review of the role of female gender in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(11), 2584-2603.
<https://doi.org/10.1007/s10803-013-1811-1>

Klin, A., Saulnier, C. A., Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., Volkmar, F. R., & Lord, C. (2007). Social and communication abilities and disabilities in higher functioning individuals with autism spectrum disorders: the Vineland and the ADOS. *J Autism Dev Disord*, 37(4), 748-759. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0229-4>

Knickmeyer, R. C., & Baron-Cohen, S. (2006). Fetal testosterone and sex differences in typical social development and in autism. *Journal of Child Neurology*, 21(10), 825-845. <https://doi.org/10.1177/08830738060210101601>

Koenis, M. M., Brouwer, R. M., van den Heuvel, M. P., Mandl, R. C., van Soelen, I. L., Kahn, R. S., & et al. (2015). Development of the brain's structural network efficiency in early adolescence: a longitudinal DTI twin study. *Human brain mapping*, 36, 4938-4953. <https://doi.org/10.1002/hbm.22988>

Koyama, T., Tachimori, H., Osada, H., Takeda, T., & Kurita, H. (2007). Cognitive and symptom profiles in asperger's syndrome and high-functioning autism. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 61(1), 99-104.

Kraper, C., Kenworthy, L., Popal, H., Martin, A., & Wallace, G. L. (2017). The Gap Between Adaptive Behavior and Intelligence in Autism Persists into Young

Adulthood and is Linked to Psychiatric Co-morbidities. *J Autism Dev Disord*, 47(10), 3007-3017. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3213-2>

Kreiser, N., & White, S. (2014). ASD in females: Are we overestimating the gender difference in diagnosis? . *Clinical Child and Family Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10567-013-0148-9>

Kulage, K. M., Smaldone, A. M., & Cohn, E. G. (2014). How Will DSM-5 Affect Autism Diagnosis? Literature Review and Meta-analysis. *J Autism Dev Disord*, 44(8), 1918-1932. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2065-2>

Lai, M.-C., Lombardo, M. V., Ruigrok, A. N., Chakrabarti, S., Auyeung, B., Szatmari, P., ..., & MRC AIMS Consortium. (2016). Quantifying and exploring camouflaging in men and women with autism. *Autism*. <https://doi.org/10.1177/1362361316671012>

Lainhart, J. E., Bigler, E. D., Bocian, M., Coon, H., Dihn, E., Dawson, G., Deutsch, C. K., Dunn, M., Estes, A., Tager-Flusberg, H., Folstein, S., Hepburn, S., Hyman, S., McMahon, W., Minshew, N. J., Munson, J., Osann, K., Ozonoff, S., Roddier, P., Rogers, S., ..., & Volkmar, F. (2006). Head circumference and height in autism: a study by the Collaborative Program of Excellence in Autism. *American Journal of Excellence in Autism. Part A*, 140(21), 2257-2274. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.31465>

Lam, K. S., Bodfish, J. W., & Piven, J. (2008). Evidence for three subtypes of repetitive behavior in autism that differ in familiarity and association with other symptoms. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49(11), 1193-1200.

Landa, R., & Garrett-Mayer, E. (2006). Development in infants with autism spectrum disorders: a prospective study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(6), 629-638. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2006.01531.x>

- Lavie, N. (2005). Distracted and confused? Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(2), 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.12.004>
- Lavie, N. (2010). Attention, distraction, and cognitive control under load. *Current Directions in Psychological Science*, 19(3), 143-148. <https://doi.org/10.1177/0963721410370295>
- Lavie, N., Hirst, A., de Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(3), 339-354. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.3.339>
- Lee, M., Martin-Ruiz, C. M., Graham, A., Court, J., Jaros, E., Perry, R. H., Iversen, P., Bauman, M. L., & Perry, E. K. (2002). Nicotinic receptor abnormalities in the cerebellar cortex in autism. *Brain*, 125, 1483-1495.
- Leekam, S. R., López, B., & Moore, C. (2000). Attention and Joint Attention in Preschool Children with Autism. *Developmental Psychology*, 36, 261.
- Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the sensory abnormalities of children and adults with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5), 894-910. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0218-7>
- Lehnhardt, F.-G., Falter, C. M., Gawronski, A., Pfeiffer, K., Tepest, R., Franklin, J., & Vogeley, K. (2016). Sex-Related Cognitive Profile in Autism Spectrum Disorders Diagnosed Late in Life: Implications for the Female Autistic Phenotype. *Journal Autism Developmental Disorders*, 46, 139-154. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2558-7>
- Levitt, P., & Campbell, D. B. (2009). The genetic and neurobiologic compass points toward common signaling dysfunctions in autism spectrum disorders. *J. Clin. Invest*, 119(4), 747-754. <https://doi.org/10.1172/JCI37934.the>

Little, T. (2013). *Longitudinal structural equation modeling*. The Guilford Press.

Lohman, D. F. (2005). The Role of Nonverbal Ability Tests in Identifying Academically Gifted Students: An Aptitude Perspective. *Gifted Child Quarterly*, 49, 111-138.

Loomes, R., Hull, L., & Mandy, W. P. L. (2017). What is the male-to-female ratio in autism spectrum disorder? A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.03.013>

Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet*, 392(10146), 508-520.

Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook Jr, E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., Pickles, A., & Rutter, M. (2000). The autism diagnostic observation schedule-generic: a standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal Autism Developmental Disorders*.

Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P. C., Risi, S., Gotham, K., & Bishop, S. (2012). *Autism diagnostic observation schedule, second edition*. Western Psychological Services.

Lord, C., & Schopler, E. (1989a). The role of age at assessment, developmental level, and test in the stability of intelligence scores in young autistic children. *J Autism Dev Disord*, 19(4), 483-499.

Lord, C., & Schopler, E. (1989b). Stability of assessment results of autistic and non-autistic language-impaired children from preschool years to early school age. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 30(4), 575-590.

- Mackintosh, N. (2011). *IQ and Human Intelligence (2e éd)*. Oxford university Press.
- Magiati, I., & Howlin, P. (2001). Monitoring the progress of preschool children with ASD enrolled in early intervention programmes: Problems In Cognitive Assessment. *Autism*, 5(4), 399-406.
<https://doi.org/10.1177/1362361301005004005>
- Magiati, I., Moss, J., Charman, T., & Howlin, P. (2011). Patterns of change in children with autism spectrum disorders who received community based comprehensive interventions in their pre-school years: a seven year follow-up study. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5, 1016-1027.
- Mahjouri, S., & Lord, C. E. (2012). What the DSM-5 portends for research, diagnosis, and treatment of autism spectrum disorders. *Current Psychiatry Reports*, 14(6), 739-747. <https://doi.org/10.1007/s11920-012-0327-2>
- Mandell, D. S., Maytali, M., Novak, M. A., & Zubritsky, C. D. (2005). Factors associated with age at diagnosis among children with autism spectrum disorders. *Pediatrics*, 116, 1480-1486.
- Mandy, W., Chilvers, R., Chowdhury, U., Salter, G., Seigal, A., & Skuse, D. (2012). Sex differences in autism spectrum disorder: Evidence from a large sample of children and adolescents. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(7), 1304-1313. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1356-0>
- Manjaly, Z. M., Bruning, N., Neufang, S., Stephan, K. E., Brieber, S., Marshall, J. C., ..., & Fink, G. R. (2007). Neurophysiological correlates of relatively enhanced local visual search in autistic adolescents. *NeuroImage*, 35(1), 283-291.
[https://doi.org/S1053-8119\(06\)01112-8](https://doi.org/S1053-8119(06)01112-8)
[pii]10.1016/j.neuroimage.2006.11.036

- Mäntynen, H., Poikkeus, A., Ahonen, T., Aro, T., & Korkman, M. (2001). Clinical significance of test refusal among young children. *Child Neuropsychology*, 7(4), 241-250. <https://doi.org/http://doi.org/10.1076/chin.7.4.241.8739>
- Manwaring, S. S., Mead, D. L., Swineford, L., & Thurm, A. (2017). Modeling Gesture Use and Early Language Development in Autism Spectrum Disorder *international Journal of Language and Communication Disorders*, 52(5), 637–651. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12308>
- Martin-Ruiz, C. M., Lee, M., Perry, R. H., Baumann, M., Court, J. A., & Perry, E. K. (2004). Molecular analysis of nicotinic receptor expression in autism. *Mol. Brain Res.*, 123, 81-90.
- Maximo, J. O., Cadena, E. J., & Kana, R. K. (2014). The implications of brain connectivity in the neuropsychology of autism. *Neuropsychol. Rev.*, 24, 16-31. <https://doi.org/10.1007/s11065-014-9250-0>
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2003a). Ability profiles in children with autism: Influence of age and IQ. *Autism*, 7, 65-80.
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2003b). Analysis of WISC-III, Stanford-Binet: IV, and academic achievement test scores in children with autism. *J Autism Dev Disord*, 33, 329-341.
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2008). WISC-IV and WIAT-II profiles in children with high-functioning autism. *J Autism Dev Disord*, 38(3), 428-439. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0410-4>
- McGrew, K. S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, 37(1), 1-10.

- McPartland, J., Reichow, B., & Volkmar, F. R. (2012). Sensitivity and specificity of proposed DSM-5 diagnostic criteria for autism spectrum disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, *51*(4), 368-383. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2012.01.007>
- Meilleur, A.-A., Berthiaume, C., Bertone, A., & Mottron, L. (2014). Autism-Specific Covariation in Perceptual Performances: « g » of « p » Factor? *PLoS One*, *9*(8).
- Mervis, C. B., & Pitts, C. H. (2015). Children with Williams syndrome: Developmental trajectories for intellectual abilities, vocabulary abilities, and adaptive behavior. *American Journal of Medical Genetics* *169*(2), 158-171. <https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31436>
- Miano, S., Bruni, O., Elia, M., Trovato, A., Smerieri, A., Verrillo, E., Roccella, M., Terzano, M. G., & Ferri, R. (2007). Sleep in children with autistic spectrum disorder: A questionnaire and polysomnographic study. *Sleep Med*, *9*, 64-70.
- Miles, J. H. (2011). Autism spectrum disorders - a genetics review. *Genet Med*, *13*, 278-294.
- Miller, J. S., Bilder, D., Farley, M., Coon, H., Pinborough-Simmerman, J., Jenson, W., Rice, C. E., Fombonne, E., Pingree, C. B., Ritvo, E. R., Ritvo, R. A., & McMahon, W. M. (2013). Autism spectrum disorder reclassified: a second look at the 1980s Utah/UCLA Autism Epidemiologic Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(1), 200-210. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1566-0>
- Morgan, B., Maybery, M., & Durkin, K. (2003). Weak central coherence, poor joint attention, and low verbal ability: independent deficits in early autism. *Developmental psychology*, *39*(4), 646.

- Morris, C. A., & Mervis, C. B. (2000). Williams syndrome and related disorders. *Annu Rev Genomics Hum Genet*, 1, 461-484. <https://doi.org/10.1146/annurev.genom.1.1.461>
- Morsanyi, K., & Holyoak, K. J. (2010). Analogical reasoning ability in autistic and typically developing children. *Developmental Science*, 13(4), 578-587. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00915.x>
- Mosconi, N. W., Cuddy-Hazlett, H., Poe, M. D., & et al. (2009). Longitudinal study of amygdala volume and joint attention in 2- to 4-year-old children with autism. *Arch.Gen.Psychiatry*, 66, 509-516.
- Moss, J., & Howlin, P. (2009). Autism spectrum disorders in genetic syndromes: implications for diagnosis, intervention and understanding the wider autism spectrum disorder population. *J. Intellect. Disabil. Res.*, 53(10), 852-873. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2009.01197.x>
- Mottron, L. (2016). *L'intervention précoce pour enfants autistes: Nouveaux principes pour soutenir une autre intelligence*. Éditions Mardaga.
- Mottron, L., Belleville, S., Rouleau, G. A., & Collignon, O. (2014). Linking neocortical, cognitive, and genetic variability in autism with alterations of brain plasticity: the Trigger-Threshold-Target model. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, 47, 735-752. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.07.012>
- Mottron, L., & Burack, J. A. (2001). Enhanced perceptual functioning in the development of persons with autism. In J. Burack, T. Charman, N. Yirmiya, & R. Zelazo (Eds.), *The development of autism: Perspectives from theory and research* (pp. 131-148). Erlbaum.
- Mottron, L., Burack, J. A., Iarocci, G., Belleville, S., & Enns, J. T. (2003). Locally oriented perception with intact global processing among adolescents with high-

functioning autism: evidence from multiple paradigms. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(6), 904-913.

Mottron, L., Dawson, M., & Soulières, I. (2009). Enhanced perception in savant syndrome: patterns, structure and creativity. *Philos Trans R SSoc Lond B Biol Sci*, 364(1522), 1385-1391. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0333>

Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced perceptual functioning in autism: an update, and eight principles of autistic perception. *J Autism Dev Disord*, 36(1), 27-43. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0040-7>

Mottron, L., Mineau, S., Martel, G., Bernier, C. S., Berthiaume, C., Dawson, M., ..., & Faubert, J. (2007). Lateral glances toward moving stimuli among young children with autism: Early regulation of locally oriented perception? . *Development and Psychopathology*, 19, 23-36. <https://doi.org/S0954579407070022>

Mottron, L., Peretz, I., & Menard, E. (2000). Local and Global Processing of Music in High-functioning Persons with Autism: Beyond Central Coherence? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41(8), 1057-1065.

Mouga, S., Almeida, J., Café, C., Duque, F., & Oliveira, G. (2015). Adaptive profiles in autism and other neurodevelopmental disorders. *J Autism Dev Disord*, 45(4), 1001-1012. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2256-x>

Mouga, S., Café, C., Almeida, J., Marques, C., Duque, F., & Olivera, G. (2016). Intellectual Profiles in the Autism Spectrum and Other Neurodevelopmental Disorders. *J Autism Dev Disord*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2838-x>

- Mueller, S., Wang, D., Fox, M. D., Yeo, B. T., Sepulcre, J., Sabuncu, M. R., . . . , & Liu, H. (2013). Individual variability in functional connectivity architecture of the human brain. *Neuron*, *77*(3), 586-595.
- Mullen, E. M. (1995). *Mullen Scales of Early Learning, AGS Edition: Manual and Item Administrative Books*. American Guidance Service, Inc.
- Munson, J., Dawson, G., Abbott, R., & et al. (2006). Amygdalar volume and behavioral development in autism. *Arch.Gen.Psychiatry*, *63*, 686-693.
- Munson, J., Dawson, G., Sterling, L., Beauchaine, T., Zhou, A., Elizabeth, K., Lord, C., Rogers, S., Sigman, M., Estes, A., & Abbott, R. (2008). Evidence for latent classes of IQ in young children with autism spectrum disorder. *American Journal on Mental Retardation*, *113*(6), 439-452. <https://doi.org/10.1352/2008.113:439-452>
- Munson, J., Dawson, G., Sterling, L., Beauchaine, T., Zhou, A., Koehler, E., Lord, C., Rogers, S., Sigman, M., Estes, A., & Abbott, R. (2008). Evidence for latent classes of IQ in young children with autism spectrum disorder. *American Journal on Mental Retardation*, *113*(6), 439-452. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1352/2008.113:439-452>
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2012). *Mplus user's guide: Statistical analysis with latent variables* (7th edition ed.). Muthén & Muthén.
- Myers, S. M., Voigt, R. G., & Colligan, R. C. (2018). Autism spectrum disorder: Incidence and time trends over two decades in a population-based birth cohort. *J Autism Dev Disord*, 1-20.
- Naaijen, J., Bralten, J., Peolmans, G., Glennon, J. C., Franke, B., & Buitelaar, J. K. (2017). Glutamatergic and GABAergic gene sets in attention-deficit/hyperactivity disorder: Association to overlapping traits in ADHD and autism. *Transl. Psychiatry*, *7*, e999.

- Nader, A.-M., Courchesne, V., Dawson, M., & Soulières, I. (2016). Does WISC-IV Underestimate the Intelligence of Autistic Children. *J Autism Dev Disord*, *46*, 1582-1589. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2270-z>
- Nader, A.-M., Jelenic, P., & Soulières, I. (2015). Discrepancy between WISC-III and WISC-IV Cognitive Profile in Autism Spectrum: What Does It Reveal about Autistic Cognition? *PLoS One*, *10*(12), e0144645. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144645>
- Nevill, R. E., Hedley, D., Uljarević, M., Butter, E., & Mulick, J. A. (2017). Adaptive behavior profiles in young children with autism spectrum disorder diagnosed under DSM-5 criteria. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *43-44*, 53-66. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2017.09.006>
- Newschaffer, C. J. (2006). Investigating diagnostic substitution and autism prevalence trends. *Pediatrics* *117*, 1436-1437.
- Newschaffer, C. J., Falb, M. D., & Gurney, J. G. (2005). National autism prevalence trends from United States special education data. *Pediatrics* *115*, e277-e282.
- Nordahl, C. W., Lange, N., Li, D. D., Barnett, L. A., Lee, A., Buonocore, M. H., Simon, T. J., Rogers, S., Ozonoff, S., & Amaral, D. G. (2011). Brain enlargement is associated with regression in preschool-age boys with autism spectrum disorders. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*(50), 20195-20200. <https://doi.org/10.1073/pnas.1107560108>
- Nordahl, C. W., Scholz, R., Yang, X., Bonocore, M. H., Simon, T., Rogers, S., & Amaral, D. G. (2012). Increased rate of amygdala growth in children aged 2 to 4 years with autism spectrum disorders: a longitudinal study. *Archives of general psychiatry*, *69*(1), 53-61. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2011.145>

- Nordahl-Hansen, A., Kaale, A., & Ulvund, S. E. (2014). Language assessment in children with autism spectrum disorder: Concurrent validity between report-based assessments and direct tests. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(9), 1100-1106.
- Norrellgen, F., Fernell, E., Eriksson, M., Hedvall, A., Persson, C., & Sjolin, M. (2014). Children with autism spectrum disorders who do not develop phrase speech in the preschool years. *Autism*, 19, 934-943.
- O'Brien, D. P., Braine, M. D. S., & Yang, Y. (1994). Propositional reasoning by mental models? Simple to refute in principle and in practice. *Psychological Review*, 101, 711- 724.
- O'Riordan, M. (2000). Superior modulation of activation levels of stimulus representations does not underlie superior discrimination in autism. *Cognition*, 77, 81-96.
- O'Riordan, M., Plaisted, K. C., Driver, J., & Baron-Cohen, S. (2001). Superior visual search in autism. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 27(3), 719-730.
- Ohta, H., Nordahl, C. W., Losif, A. M., Lee, A., Rogers, S., & Amaral, D. G. (2016). Increased Surface Area, but not Cortical Thickness, in a Subset of Young Boys With Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, 9(2), 232-248. <https://doi.org/10.1002/aur.1520>
- Oliveras-Rentas, R. E., Kenworthy, L., Roberson, R. B., Martin, A., & Wallace, G. L. (2012). WISC-IV profile in high-functioning autism spectrum disorders: impaired processing speed is associated with increased autism communication symptoms and decreased adaptive communication abilities. *J Autism Dev Disord*, 42(5), 655-664. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1289-7>

- Owens, D. F., & Kriegstein, A. R. (2002). Is there more to GABA than synaptic inhibition? *Nat. Rev. Neurosci.*, *3*, 715-727.
- Ozonoff, S., Macari, S., Young, G. S., Goldring, S., Thompson, M., & Rogers, S. J. (2008). Atypical object exploration at 12 months of age is associated with autism in a prospective sample. *Autism*, *12*, 457-472. <https://doi.org/12/5/457>
- Park, C. J., Yelland, G. W., Taffe, J. R., & Gray, K. M. (2012). Brief Report: The Relationship Between Language Skills, Adaptive Behavior, and Emotional and Behavior Problems in Pre-schoolers with Autism *Journal Autism Developmental Disorders*, *42*, 2761–2766 <https://doi.org/0.1007/s10803-012-1534-8>
- Pellicano, E. (2012). The development of executive function in autism. *Autism Research and Treatment*, *146132*. <https://doi.org/10.1155/2012/146132>
- Pellicano, E., Maybery, M., Durkin, K., & Maley, A. (2006). Multiple cognitive capabilities/deficits in children with an autism spectrum disorder: « Weak » central coherence and its relationship to theory of mind and executive control. *Development and Psychopathology*, *18*(1), 77.
- Perry, A., Flanagan, H. E., Dunn Geier, J., & Freeman, N. L. (2009). Brief report: the Vineland Adaptive Behavior Scales in young children with autism spectrum disorders at different cognitive levels. *J Autism Dev Disord*, *39*(7), 1066-1078. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0704-9>
- Perry, E. K., Lee, M. L., Martin-Ruiz, C. M., Court, J. A., Volsen, S. G., Merrit, J., Folly, E., Iversen, P. E., Bauman, M. L., Perry, R. H., & et al. (2001). Cholinergic activity in autism: Abnormalities in the cerebral cortex and basal forebrain. *Am. J. Psychiatry*, *158*, 1058-1066.
- Pickles, A., Anderson, D. K., & Lord, C. (2014). Heterogeneity and plasticity in the development of language: a 17-year follow-up of children referred early for

possible autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(12), 1354-1362. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12269>

Piven, J., Arndt, S., Bailey, J., Havercamp, S., Andreasen, N. C., & Palmer, P. (1995). An MRI study of brain size in autism. *Am. J. Psychiatry*, 152, 1145-1149.

Piven, J., Saliba, K., Bailey, J., & et al. (1997). An MRI study of autism: the cerebellum revisited. *Neurology*, 49, 546-551.

Plaisted, K. C., O'Riordan, M., & Baron-Cohen, S. (1998). Enhanced visual search for a conjunctive target in autism: a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39(5), 777-783.

Press, R. (2015). *Developmental milestones of young children*. Redleaf Press.

Prigge, M. B. D., Bigler, E. D., Lange, N., Margan, J., Froehlich, A., Freeman, A., Kellett, K., Kane, K. L., Kina, C. K., Taylor, J., Dean III, D. C., Kina, J. B., Anderson, J. S., Zielinski, B. A., Alexander, A. L., & Lainhart, J. E. (2021). Longitudinal Stability of Intellectual Functioning in Autism Spectrum Disorder: From Age 3 Through Mid-adulthood. *J Autism Dev Disord*. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05227-x>

Puts, N. A., Wodka, E. L., Harris, A. D., Crocetti, D., Tommerdahl, M., Mostofsky, S. H., & Edden, R. A. (2017). Reduced GABA and altered somatosensory function in children with autism spectrum disorder. *Autism Research*, 10, 608-619.

Rabba, A. S., Dissanayake, C., & Barbaro, J. (2019). Parents' experiences of an early autism diagnosis: Insights into their needs. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2019.101415>

- Raspa, M., Wheeler, A. C., & Riley, C. (2017). Public Health Literature Review of Fragile X Syndrome. *Pediatrics*, *139*, S153-S171. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1159C>
- Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1998a). *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales*. Harcourt Assessment.
- Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1998b). *Raven Manual*. Oxford Psychologists Press.
- Ray-Subramanian, C. E., Huai, N., & Ellis Weismer, S. (2011). Brief report: adaptive behavior and cognitive skills for toddlers on the autism spectrum. *J Autism Dev Disord*, *41*(5), 679-684. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1083-y>
- Remington, A. M., & Fairnie, J. (2017). A sound advantage: Increased auditory capacity in autism. *Cognition*, *166*, 459-465. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.04.002>
- Remington, A. M., Swettenham, J. G., Campbell, R., & Coleman, M. (2009). Selective attention and perceptual load in autism spectrum disorder. *Psychological science*, *20*(11), 1388-1393.
- Remington, A. M., Swettenham, J. G., & Lavie, N. (2012). Lightening the load: Perceptual load impairs visual detection in typical adults but not in autism. *Journal of Abnormal Psychology*, *121*(2), 544-551. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/a0027670>
- Reverberi, C., Cherubini, P., & Rapisarda, A. (2007). Neural basis of generation of conclusion in elementary deduction. *NeuroImage*, *38*, 752-762.

- Richland, L. E., Morrison, R. G., & Holyoak, K. J. (2006). Children's development of analogical reasoning: Insights from scene analogy problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, *94*, 249-271.
- Richler, J., Huerta, M., Bishop, S. L., & Lord, C. (2010). Developmental trajectories of restricted and repetitive behaviors and interests in children with autism spectrum disorders. *Dev Psychopathol*, *22*(1), 55-69.
- Rioux, C., & Little, T. D. (2021). Missing data treatments in intervention studies: What was, what is, and what should be. *International Journal of Behavioral Development*, *45*(1), 51-58. <https://doi.org/10.1177/0165025419880609>
- Ritvo, E. R., Jorde, L. B., Mason-Brothers, A., & et al. (1989). The UCLA-University of Utah epidemiologic survey of autism: recurrence risk estimates and genetic counseling. *American Journal of Psychiatry*, *146*, 1032-1036.
- Rivard, M., Terroux, A., Mercier, C., & Parent-Boursier, C. (2015). Indicators of intellectual disabilities in young children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, *45*(1), 127-137. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2198-3>
- Robinson, E. B., Lichtenstein, P., Anckarsater, H., Happé, F., & Ronald, A. (2013). Examining and interpreting the female protective effect against autistic behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences* *110*(13), 5258-5262. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211070110>
- Robison, J. E. (2016). Kanner, Asperger, and Frankl: A third man at the genesis of the autism diagnosis. *Autism*. <https://doi.org/10.1177/1362361316654283>
- Rogers, S. J., & Vismara, L. (2014). Interventions for Infants and Toddlers at Risk for Autism Spectrum Disorder. *Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorders, Fourth Edition*.

- Rojas, D. C., Singel, D., Steinmetz, S., Hepburn, S., & Brown, M. S. (2014). Decreased left perisylvian GABA concentration in children with autism and unaffected siblings. *NeuroImage*, *86*, 28-34.
- Rose, V., Trembath, D., Keen, D., & Paynter, J. (2016). The proportion of minimally verbal children with autism spectrum disorder in a community-based early intervention programme. *Journal of Intellectual Disability Research*, *60*(5), 464-477. <https://doi.org/10.1111/jir.12284>
- Rose-Meyer, R. A. (2013). A review of the serotonin transporter and prenatal cortisol in the development of autism spectrum disorders. *Molecular autism*, *4*, 37.
- Russell, G., Mandy, W., Elliott, D., White, R., Pittwood, T., & Ford, T. (2019). Selection bias on intellectual ability in autism research: a cross-sectional review and meta-analysis. *Molecular autism*, *10*(9). <https://doi.org/10.1186/s13229-019-0260-x>
- Rutter, M. (2005). Incidence of autism spectrum disorders: Changes over time and their meaning. *Acta Paediatrica*, *94*, 2-15. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2005.tb01779.x>
- Sacco, R., Gabriele, S., & Persico, A. M. (2015). Head circumference and brain size in autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Psychiatry research*, *234*(2), 239-251. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2015.08.016>
- Sachse, S., & Von Suchodoletz, W. (2008). Early identification of language delay by direct language assessment or parent report? *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, *29*, 34-41. <https://doi.org/http://doi.org/10.1097/DBP.0b013e318146902a>

- Samson, F., Mottron, L., Soulières, I., & Zeffiro, T. A. (2011). Enhanced visual functioning in autism: An ALE meta-analysis. *Human brain mapping, 33*(7), 1553-1581.
- Satterstrom, F. K., Kosmicki, J. A., Wang, J., Roeder, K., Daly, M. J., & Buxbaum, J. D. (2020). Large-scale Exome Sequencing Study Implicates Both Developmental and Functional Changes in the Neurobiology of Autism. *Cell 180*, 568-584. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.12.036>
- Schalock, R. L., Borthwick-Duffy, S. A., Bradley, V. J., Buntins, W. H. E., Coulter, D. L., Ccraig, E. M., Gomez, S. C., Lachapelle, Y., Luckasson, R., Reeve, A., Shogren, K. A., Snell, M. E., Spreat, S., Tassé, M. J., Thompson, J. R., Verdugo-Alonso, M. A., Wehmeyer, M. L., & Yeager, M. H. (2010). *Intellectual disability: Definition, classification, and systems of supports (11th ed.)*. American Association on Intellectual and Developmental Disabilities.
- Scharf, R. J., Scharf, G. J., & Stroustrup, A. (2016). Developmental Milestones. *Pediatrics in Review, 37*(1), 25-38. <https://doi.org/10.1542/pir.2014-0103>
- Schlooz, W. A. J. M., & Hulstijn, W. (2014). Boys with autism spectrum disorders show superior performance on the adult Embedded Figures Test. *Research in Autism Spectrum Disorders, 8*(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.10.004>
- Schumann, C. M., Barnes, C. C., Lord, C., & et al. (2009). Amygdala enlargement in toddlers with autism related to severity of social and communication impairments. *Biol.Psychiatry, 66*, 942-949.
- Schumann, C. M., Bloss, C. S., Barnes, C. C., & et al. (2010). Longitudinal magnetic resonance imaging study of cortical development through early childhood in autism. *J. Neurosci., 30*, 4419-4427.

- Schumann, C. M., Hamstra, J., Goodlin-Jones, B. L., Lotspeich, L. J., Kwon, H., Buonocore, M., Lammers, H., Reiss, A. L., & Amaral, D. G. (2004). The amygdala is enlarged in children but not adolescents with autism; the hippocampus is enlarged at all ages. . *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 24(28), 6392-6401. <https://doi.org/https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1297-04.2004>
- Schweizer, K. (2005). An overview of research into the cognitive basis of intelligence. *Journal of Individual Differences*, 26(1), 43–51.
- Schweizer, K., & Moosbrugger, H. (2004). Attention and WM as predictors of intelligence. *Intelligence*, 32, 329-347.
- Shah, A., & Frith, U. (1983). An islet of ability in autistic children: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 24(4), 613-620.
- Shah, A., & Frith, U. (1993). Why do autistic individuals show superior performance on the block design task? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 34(8), 1351-1364.
- Shah, A., & Holmes, N. (1985). Brief report: The use of the Leiter International Performance Scale with autistic children. *J Autism Dev Disord*, 15(2), 195-203.
- Shen, M. D., Nordahl, C. W., Li, D. D., Lee, A., Angkustsiri, K., Emerson, R. W., Rogers, S. J., Ozonoff, S., & Amaral, D. G. (2018). Extra-axial cerebrospinal fluid in high-risk and normal-risk children with autism aged 2-4 years: a case-control study. *The lancet. Psychiatry*, 5(11), 895-904. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30294-3](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30294-3)
- Simms, N. K., Frausel, R. R., & Richland, L. E. (2018). Working memory predicts children analogical reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, 160-177.

- Singers, J. D., & Willet, J. B. (2003). *Applied longitudinal data analysis: Modeling change and event occurrence*. Oxford University Press.
- Sinha, P., Kjelgaard, M. M., Gandhi, T. K., Tsourides, K., Cardinaux, A. L., Pantazis, D., Diamond, S. P., & Held, R. M. (2014). Autism as a disorder of prediction. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, *111*, 15220-15225. <https://doi.org/10.1073/pnas.1416797111>
- Solomon, M., Iosif, A.-M., Reinhardt, V. P., Libero, L. E., Nordahl, C. W., Ozonoff, S., Rogers, S. J., & Amaral, D. (2017). What will my child's future hold? Phenotypes of Intellectual Development in 2-8-year-olds with Autism Spectrum Disorder. *Autism*, *11*(1), 121-132. <https://doi.org/10.1002/aur.1884>
- Soorya, L., Leon, J., Trelles, M. P., & Thurm, A. (2018). Framework for assessing individuals with rare genetic disorders associated with profound intellectual and multiple disabilities (PMID): the example of Phelan McDermid syndrome. *Clin Neuropsychol*, *32*(7), 1226-1255. <https://doi.org/10.1080/13854046.2017.1413211>
- Souders, M. C., Zavodny, S., Eriksen, W., Sinko, R., Connell, J., Kerns, C., Schaff, R., & Pinto-Martin, J. (2017). Sleep in children with autism spectrum disorder. *Curr. Psychiatry Repp.*, *19*, 34.
- Soulières, I., Dawson, M., Gernsbacher, M. A., & Mottron, L. (2011). The Level and Nature of Autistic Intelligence II: What about Asperger Syndrome. *PLoS One*, *6*(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025372>
- Soulières, I., Dawson, M., Samson, F., Barbeau, E. B., Sahyoun, C. P., Strangman, G. E., ..., & Mottron, L. (2009). Enhanced visual processing contributes to matrix reasoning in autism. *Human brain mapping*, *30*(12), 4082-4107. <https://doi.org/10.1002/hbm.20831>

- South, M., Ozonoff, S., & McMahon, W. (2005). Repetitive behavior profiles in Asperger syndrome and high-functioning autism. *J Autism Dev Disord*, 35, 145-158. <https://doi.org/10.1007/s10803-004-1992-8>
- Sparrow, S. S., & Cicchetti, D. V. (2005). *The Vineland adaptive behavior scales (2nd ed.)* (Pearson ed.).
- Spearman, C. (1904). General intelligence, objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, 201-293.
- Spearman, C. (1927). *The abilities of man*. Macmillan.
- Spearman, C., & Jones, L. L. (1950). *Human ability*. Macmillan.
- Stanutz, S., Wapnick, J., & Burack, J. A. (2014). Pitch discrimination and melodic memory in children with autism spectrum disorders. *Autism*, 18(2), 137-147.
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of intelligence*. Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J., Forsythe, G. B., Hedlund, J., & et al. (2000). *Practical intelligence in everyday life*. Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J., & Wagner, R. K. (1986). *Practical intelligence: Nature and origins of competence in the everyday world*. Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J., Wagner, R. K., Williams, W. M., & Horvath, J. A. (1995). Testing common sense. *American Psychologist*, 50, 912-926.

- Stevens, M., Fein, D., Dunn, M., Allen, D., Waterhouse, L., Feinstein, C., & Rapin, I. (2000). Subgroups of children with Autism by cluster analysis: A longitudinal examination. *J. AM. ACAD. CHILD ADOLESC. PSYCHIATRY*, 39(3), 346-352.
- Stoodley, C. J. (2014). Distinct regions of the cerebellum show gray matter decreases in autism, ADHD, and developmental dyslexia. *Frontiers in systems neuroscience*, 8, 92. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00092>
- Sukhareva, G. E., & Wolff, S. (1996). The first account of the syndrome Asperger described? Translation of a paper entitled « Die schizoiden Psychopatienten im Kindesalter » by Dr. G.E. Ssucharewa; scientific assistant, which appeared in 1926 in the *Montsschrift fur Psychiatrie und Neurologie* 60:235-261. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 5(3), 119-132.
- Swineford, L. B., Guthrie, W., & Thurm, A. (2015). Convergent and divergent validity of the Mullen Scales of Early Learning in young children with and without autism spectrum disorder. *Psychological Assessment*, 27(4), 1364-1378. <https://doi.org/10.1037/pas0000116>
- Tassé, M. J., Schalock, R. L., Balboni, G., Bersani, H., Borthwick-Duffy, S. A., Spreat, S., & Zhang, D. (2012). The construct of adaptive behavior: Its conceptualisation, measurement, and use in the field of intellectual disability. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 117(4), 291-303.
- Taylor, L., Maybery, M. T., Grayndler, L., & Whitehouse, A. J. O. (2014). Evidence for Distinct Cognitive Profiles in Autism Spectrum Disorders and Specific Language Impairment. *J Autism Dev Disord*, 44, 19-30. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1847-2>
- Teder-Sälejärvi, W. A., Pierce, K. L., Courchesne, E., & Hillyard, S. A. (2005). Auditory spatial localization and attention deficits in autistic adults. *Cognitive Brain Research*, 23(2-3), 221-234. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.10.021>

- Terman, L. M. (1916). *The measurement of intelligence*. Houghton Mifflin.
- Thurm, A., Farmer, C., Salzman, E., Lord, C., & Bishop, S. (2019). State of the Field: Differentiating Intellectual Disability From Autism Spectrum Disorder. *Frontiers in Psychiatry, 10*(526). <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00526>
- Thurm, A., Manwaring, S. S., Swineford, L., & Farmer, C. (2015). Longitudinal study of symptom severity and language in minimally verbal children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 56*, 97-104. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12285>
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. University of Chicago Press.
- Tick, B., Bolton, P., Happe, F., Rutter, M., & Rijdsdijk, F. (2016). Heritability of autism spectrum disorders: a meta-analysis of twin studies. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 57*(5), 585-595.
- Tidey, J. W., & Miczek, K. A. (1996). Social defeat stress selectively alters mesocorticolimbic dopamine release: An in vivo microdialysis study. *Brain Research, 721*, 140-149.
- Tillmann, C. M., Bohlin, G., Sorensen, L., & Lundervold, A. J. (2009). Intelligence and specific cognitive abilities in children. *Journal of Individual Differences, 30*(4), 209-219.
- Tillmann, J., San Jose Caceres, A., Chatham, C. H., Crawley, D. C., Holt, R., Oakley, B., Banaschewski, T., Baron-Cohen, S., Bolte, S., Buitelaar, J. K., Durston, S., Ham, L., Loth, E., Simonoff, E., Spooren, W., Murphy, D. G., & Charman, T. (2019). Investigating the factors underlying adaptive functioning in autism in the EU-AIMS Longitudinal European Autism Project. *Autism Research, 12*(4), 645-657. <https://doi.org/10.1002/aur.2081>

- Tillmann, J. E., & Swettenham, J. G. (2017). Visual perceptual load reduces auditory detection in typically developing individuals but not in individuals with autism spectrum disorders. *Neuropsychology*, *31*(2), 181-190.
- Tomasello, M., & Mervis, C. B. (1994). The instrument is great, but measuring comprehension is still a problem. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *59*, 174-180. <https://doi.org/10.1111/1540-5834.ep9502141735>
- Tordjman, S., Najjar, I., Bellissant, E., Anderson, G. M., Barburoth, M., Cohen, D., Jaafari, N., Schischmanoff, O., Fagard, R., Lagdas, E., & et al. (2013). Advances in the research of melatonin in autism spectrum disorders: Literature review and new perspectives. *Int. J. Mol. Sci.*, *14*, 20508-20542.
- Tourva, A., Spanoudis, G., & Demetriou, A. (2016). Cognitive correlates of developing intelligence: The contribution of working memory, processing speed and attention. *Intelligence*, *54*, 136-146. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2015.12.001>
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, *12*, 97-136. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)
- Trembath, D., Vivanti, G., Iacono, T., & Dissanayake, C. (2015). Accurate or assumed: visual learning in children with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(10), 3276-3287. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2488-4>
- Troyb, E., Knoch, K., Herlihy, L., Stevens, M. C., Chen, C. M., & Barton, M. (2016). Restricted and repetitive behaviors as predictors of outcome in autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*, *46*(4), 1282-1296.

- Turner, L. M., Stone, W. L., Pozdol, S. L., & Coonrod, E. E. (2006). Follow-up of children with autism spectrum disorders from age 2 to age 9. *Autism, 10*(3), 243-265.
- van den Heuvel, M. P., Stam, C. J., Kahn, R. S., & Pol, H. E. H. (2009). Efficiency of functional brain networks and intellectual performance. *J Neurosci, 29*, 7619-7624. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1443-09.2009>
- Ventola, P., Saulnier, C. A., Steinberg, E., Chawarska, K., & Klin, A. (2014). Early-emerging social adaptive skills in toddlers with autism spectrum disorders: an item analysis. *J Autism Dev Disord, 44*(2), 283-293. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1278-x>
- Volkmar, F. R., Szatmari, P., & Sparrow, S. S. (1993). Sex differences in pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 23*(4), 579-591. <https://doi.org/10.1007/BF01046103>
- Waltereit, R., Banaschewski, T., Meyer-Lindenberg, A., & Poustka, L. (2014). Interaction of neurodevelopmental pathways and synaptic plasticity in mental retardation, autism spectrum disorder and schizophrenia: Implications for psychiatry. *The world journal of biological psychiatry, 15*(7), 507-516.
- Wang, L., Almeida, L. E., Spornick, N. A., Kenyon, N., Kamimura, S., Khaibullina, A., Nouraie, M., & Quezado, Z. M. (2015). Modulation of social deficits and repetitive behaviors in a mouse model of autism: The role of the nicotinic cholinergic system. *Psychopharmacology, 232*, 4303-4316.
- Wang, L., Mottron, L., Peng, D., Berthiaume, C., & Dawson, M. (2007). Local bias and local-to-global interference without global deficit: a robust finding in autism under various conditions of attention, exposure time, and visual angle. *Cogn Neuropsychol, 24*(5), 550-574.

- Webb, S., Nalty, T., Munson, J., Brock, C., Abbott, R., & Dawson, G. (2007). Rate of head circumference growth as a function of autism diagnosis and history of autistic regression. *Journal of Child Neurology*, *22*, 1182-1190.
- Wechsler, D. (2003). *Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition (WISC-IV)*. NCS Pearson.
- Wechsler, D. (2008). *Wechsler adult intelligence scale-Fourth Edition (WAIS-IV)*. Pearson.
- Wechsler, D. (2011). *Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence - Second edition (WASI-II)*. NCCS Pearson.
- Wechsler, D. (2012). *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence - Fourth Edition (WPPSI-IV)*. Pearson Education.
- Wei, X., Christiano, E. R., Yu, J. W., Wagner, M., & Spiker, D. (2015). Reading and math achievement profiles and longitudinal growth trajectories of children with an autism spectrum disorder. *Autism*, *19*(2), 200-210. <https://doi.org/10.1177/1362361313516549>
- Will, E. A., Caravella, K. E., Hahn, L. J., Fidler, D., & Roberts, J. E. (2018). Adaptive behavior in infants and toddlers with Down syndrome and fragile X syndrome. *Am J med Genet B Neuropsychiatr Genet*, *177*(3), 358-368. <https://doi.org/10.1002/ajmg.b.32619>
- Williams, J. G., Brayne, C. E. G., & Higgins, J. P. T. (2006). Systematic review of prevalence studies of autism spectrum disorders. *Arch Dis Child*, *91*, 8-15.
- Wilson, C. E., Murphy, C. M., McAlonan, G., Robertson, D. M., Spain, D., Hayward, H., ..., & Zinkstok, J. (2016). Does sex influence the diagnostic evaluation of autism spectrum disorder in adults? . *Autism*, *20*, 808-819.

- Wing, L., Yeates, S. R., Brierley, L. M., & Gould, J. (1976). The prevalence of early childhood autism: comparison of administrative and epidemiological studies. *Psychol Med*, 6, 89-100.
- Wodka, E. L., Mathy, P., & Kalb, L. (2013). Predictors of Phrase and Fluent Speech in Children With Autism and Severe Language Delay. *Pediatrics*, 131(4). <https://doi.org/10.1542/peds.2012-2221>
- Yang, C. J., Tan, H. P., & Du, Y. J. (2014). The developmental disruptions of serotonin signaling may be involved in autism during early brain development. *Neuroscience*, 267, 1-10.
- Yang, P., Lung, F. W., Jong, Y. J., Hsu, H. Y., & Chen, C. C. (2010). Stability and change of cognitive attributes in children with uneven/delayed cognitive development from preschool through childhood. *Research in Developmental Disabilities*, 31, 895-902.
- Yang, S., Paynter, J. M., & Gilmore, L. (2016). Vineland Adaptive Behavior Scales: II Profile of Young Children with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord*, 46(1), 64-73. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2543-1>
- Yoder, P., Watson, L. R., & Lambert, W. (2014). Value-Added Predictors of Expressive and Receptive Language Growth in Initially Nonverbal Preschoolers with Autism Spectrum Disorders. *Journal Autism Developmental Disorders*, 45(5), 1254-1270. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2286-4>
- Zachor, D. A., & Ben-Itzhak, E. (2010). Treatment approach, autism severity and intervention outcomes in young children. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 4(3), 425-432. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2009.10.013>.

- Zhu, X., Need, A. C., Petrovski, S., & Goldstein, D. B. (2014). One gene, many neuropsychiatric disorders: lessons from Mendelian disease. *Nat. Neurosci.*, *17*(6), 773-781. <https://doi.org/10.1038/nn.3713>
- Zielinski, B. A., Prigge, M. B., Nielsen, J. A., & et al. (2014). Longitudinal changes in cortical thickness in autism and typical development. *Brain*, *137*, 1799-1812.
- Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Rogers, T., Roberts, W., Brian, J., & Szatmari, P. (2005). Behavioral manifestations of autism in the first year of life. *International Journal of Developmental Neuroscience*, *23*(2-3), 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2004.05.001>