

Université de Montréal

Évaluation de l'intelligence des enfants autistes à l'âge préscolaire et scolaire

par
Valérie Courchesne

Département de psychologie
Faculté des Arts et sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures et postdoctorales
en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D.)
en Psychologie
option Recherche et intervention en psychologie clinique

Novembre, 2016

© Valérie Courchesne, 2016

Résumé

L'intelligence autistique fascine les scientifiques depuis les premières descriptions de l'autisme. Les pics d'habiletés que présentent certaines personnes autistes sont en effet impressionnants et marquent l'imagination. Les recherches ont démontré au fil des années que ces pics d'habiletés sont en fait caractéristiques du profil cognitif autistique. En effet, un profil hétérogène entre les sous-échelles d'un même test d'intelligence et des performances variant selon le test d'intelligence utilisé ont été démontrés et maintes fois répliqués. De plus, l'intelligence autistique semble reposer sur des processus cognitifs différents dans lesquels la perception jouerait un rôle prépondérant. Ces connaissances sur le profil intellectuel et les processus de raisonnement autistique reposent par contre généralement sur des recherches menées auprès d'autistes d'âge scolaire ou plus vieux et auprès des autistes dits de «haut-niveau». Il n'est donc pas certain qu'elles s'appliquent à l'ensemble du spectre autistique.

La première partie de la thèse porte sur l'évaluation de l'intelligence chez les autistes d'âge scolaire dit de «bas-niveau». L'échantillon pour cette première étude était composé d'enfants autistes minimalement verbaux considérés comme «non-testables» avec les tests d'intelligence conventionnels. Une évaluation basée sur les forces, incluant à la fois des tests cognitifs et perceptifs, a démontré que la majorité de l'échantillon (65%) a obtenu un score compris dans les limites de l'intelligence normale à un test d'intelligence non-verbal. Cela confirme donc qu'un écart important entre les différents tests d'intelligence est également caractéristique des autistes minimalement verbaux. Concernant le rôle prépondérant de la perception dans l'intelligence, des corrélations ont été retrouvées entre les tests perceptifs et le test d'intelligence non-verbal uniquement dans le groupe autiste.

La deuxième partie de la thèse visait à évaluer l'intelligence chez des enfants autistes d'âge préscolaire de tous les niveaux de fonctionnement. Les résultats ont d'abord démontré que la testabilité est une variable importante dans le processus d'évaluation. En effet, la testabilité était corrélée à l'âge tant chez les autistes que chez les non-autistes et était significativement plus basse dans le groupe autiste. La testabilité n'était toutefois pas corrélée à la performance aux tests d'intelligence. Des différences significatives entre les tests

d'intelligence et un lien entre la perception et l'intelligence ont également été retrouvés au sein de cet échantillon.

La troisième partie de la thèse visait à explorer si certains comportements stéréotypés et intérêts restreints (CSIR) pouvaient constituer des indicateurs de l'intelligence chez des autistes d'âge préscolaire. Aucun lien n'a pu être établi entre les tests d'intelligence et les CSIR présentés par les enfants.

En somme, l'évaluation de l'intelligence autistique comprend de nombreux défis, particulièrement chez les autistes plus jeunes, et doit donc être faite avec prudence. Les différences entre les tests et le rôle particulier de la perception dans la cognition autistique semblent caractériser l'ensemble du spectre autistique. L'exploration de potentiels indicateurs de l'intelligence, qui peuvent être observés sans nécessiter d'évaluation formelle et dès le plus jeune âge, est une avenue qu'il faut continuer d'explorer étant donné les difficultés liées à l'évaluation des enfants autistes et les répercussions de cette évaluation sur les interventions subséquentes.

Mots-clés : Autisme, Intelligence, Perception, Évaluation, Cognition.

Abstract

Autistic intelligence has fascinated scientists since the first descriptions of autism. The peaks of ability shown by some autistic people are indeed impressive and somewhat mysterious. Research has showed that these peaks are characteristic of the autistic cognitive profile. Indeed, a heterogeneous profile within subscales of intelligence tests and an uneven performance across different intelligence tests were found and replicated by many researchers. Autistic intelligence seems to rely on different cognitive processes in which perception seems to play an increased role. It is however unclear whether this knowledge regarding autistic intellectual profile, including the reasoning processes is true for the entire Autism Spectrum. Most of the research focussed on school-age (or older) autistic children and on the more «able» individuals of the spectrum.

The first part of the thesis therefore focussed on assessing intelligence in so-called «low functioning» school-age autistic children. The sample for this first study was composed of minimally verbal individuals considered as «untestable» via conventional assessment. They underwent a strength-informed assessment which included both cognitive and perceptual tests. The majority of the sample (65%) obtained scores within the normal intelligence range on a nonverbal intelligence test, thus confirming that differences between intelligence tests also characterize this part of the autism spectrum. Additionally, only in the autistic group were correlations found between the perception tasks and the non-verbal intelligence tests, highlighting the role of perception in autistic intelligence.

The second part of the thesis focussed on assessing intelligence in preschool-aged autistic children of all levels of functioning. Results first showed that testability is an important issue when assessing children of that age-range, especially autistic children. Indeed, testability was found to positively correlate with age in both autistic and non-autistic groups, and to be significantly lower in the autistic group. Testability was not related to performance on the cognitive tests. Significant differences between intelligence tests, and links between perception and intelligence, were also found in this sample.

The third part of the thesis focussed on the exploration of potential indicators of intelligence in preschool-aged autistic children. The potential indicators targeted were the restricted interests and repetitive behaviours that are part of the autism diagnostic. No link was found between any of the cognitive tests and the interests or behaviours displayed by the children.

In sum, intelligence assessment of autistic children bears important challenges, especially with younger children, and must be done with caution. The differences between intelligence tests and the particular role of perception in autism cognition seem to characterize the whole Autism Spectrum. Exploration of potential intelligence indicators, which can be observed without a formal assessment and early in the child's development, is worth investigating given the difficulties related to the assessment of autistic children and the role of this assessment in following interventions.

Keywords : Autism, Intelligence, Perception, Assessment, Cognition

Table des matières

| | |
|---|------|
| Résumé..... | i |
| Abstract..... | iii |
| Table des matières..... | v |
| Liste des tableaux..... | vii |
| Liste des figures..... | viii |
| Liste des abréviations..... | ix |
| Remerciements..... | xii |
| Introduction..... | 1 |
| Chapitre 1: Revue de Littérature..... | 2 |
| L'intelligence..... | 3 |
| Modèles théoriques de l'intelligence..... | 4 |
| Mesures d'intelligence..... | 7 |
| Intelligence et perception..... | 10 |
| L'autisme..... | 13 |
| Définition, description et prévalence..... | 13 |
| Facteurs génétiques, biologiques et environnementaux..... | 15 |
| Modèles cognitifs..... | 18 |
| L'intelligence en autisme..... | 26 |
| Importance de l'évaluation intellectuelle..... | 27 |
| Défis liés à l'évaluation intellectuelle..... | 27 |
| Intelligence et perception en autisme..... | 34 |
| Intelligence et phénotype autistique..... | 38 |
| Mesures alternatives de l'intelligence et indicateurs précoces..... | 45 |
| Objectifs et hypothèses de recherche..... | 46 |
| Chapitre 2 : Autistic children at risk of being underestimated: school-based pilot study of a strength-informed assessment..... | 50 |

| | |
|--|-------|
| Chapitre 3 : Testability and cognitive profile of minimally verbal autistic preschoolers..... | 81 |
| Chapitre 4 : Exploration du lien entre les comportements stéréotypés et intérêts restreints et l'intelligence..... | 122 |
| Contexte théorique..... | 123 |
| Méthodologie..... | 123 |
| Analyses préliminaires..... | 126 |
| Résultats..... | 127 |
| Chapitre 5 : Discussion..... | 131 |
| Rappel des objectifs et des résultats..... | 132 |
| Documentation du profil intellectuel chez les enfants autistes..... | 132 |
| Testabilité des enfants autistes..... | 133 |
| Identification d'indicateurs perceptifs de l'intelligence chez les enfants autistes..... | 134 |
| Identification d'indicateurs comportementaux de l'intelligence chez les enfants autistes: objectif exploratoire..... | 135 |
| Discussion générale..... | 135 |
| Écarts entre les tests d'intelligence..... | 135 |
| Testabilité..... | 139 |
| Indicateurs perceptifs de l'intelligence autistique..... | 146 |
| Indicateurs comportementaux de l'intelligence autistique..... | 148 |
| Contributions théoriques et implications cliniques..... | 153 |
| Limites et perspectives futures..... | 160 |
| Conclusion..... | 165 |
| Bibliographie..... | i |
| Annexe 1: Description de la Situation de stimulation et de jeu de Montreal (SSJM)..... | xviii |
| Annexe 2: Grille de cotation de la SSJM..... | xxvii |
| Annexe 3: Autres articles publiés durant le doctorat..... | xxxii |

Liste des tableaux

Chapitre 2:

| | |
|---|----|
| Table 1. Sociodemographic characteristics of participants..... | 57 |
| Table 2. Age and scores of nine autistic participants able to complete any WISC-IV subtest, or Leiter-R. | 63 |

Chapitre 3:

| | |
|---|----|
| Table 1. Participant characteristics and ratio of participants who completed each test..... | 90 |
|---|----|

Chapitre 4:

| | |
|---|-----|
| Tableau 1. Corrélations entre les tests d'intelligence et la durée totale des CSIR ciblés | 128 |
|---|-----|

Liste des figures

Chapitre 1:

| | |
|---|----|
| <i>Figure 1.</i> Modèle CHC, tiré et adapté de McGrew, 2009..... | 7 |
| <i>Figure 2.</i> Modèle Gachette-Seuil-Cible, tiré et adapté de Mottron et al. 2014. | 25 |
| <i>Figure 3.</i> Profil cognitif au WISC-IV chez les enfants autistes. | 34 |

Chapitre 2:

| | |
|--|----|
| <i>Figure 1.</i> Example of visual search test trial. | 61 |
| <i>Figure 2.</i> Example of a trial in the CEFT. | 62 |
| <i>Figure 3.</i> RCPM percentile score range distribution for the 30 autistic participants. | 65 |
| <i>Figure 4.</i> Mean visual search response times. | 68 |
| <i>Figure 5.</i> CEFT mean score..... | 70 |
| <i>Figure 6.</i> CEFT mean response times. | 71 |

Chapitre 3:

| | |
|--|-----|
| <i>Figure 1.</i> Mean performance in T scores on the four subscales of the MSEL for each group. | 99 |
| <i>Figure 2.</i> Mean scaled scores for each mandatory subtest for each group. | 101 |
| <i>Figure 3.</i> Mean Visual Search response times for each group and condition and for the total task. | 103 |
| <i>Figure 4.</i> CEFT mean score (left) and CEFT mean response time for successful trials (right) for each group. | 104 |
| <i>Figure 5.</i> Mean percentile rank for each test and each group..... | 105 |

Chapitre 5:

| | |
|---|-----|
| <i>Figure 4.</i> Exemple d'item de la version encastrable des Matrices Progressives de Raven Couleur..... | 142 |
|---|-----|

Liste des abréviations

ADI-R: Autism Diagnostic Interview-Revised
ADOS: Autism Diagnostic Observation Schedule
APA: American Psychiatric Association
CARS: Children Autism Rating Scale
CDC: Center for Disease Control and Prevention
CEFT: Children Embedded Figure Test
CNV: Variation du nombre de copies
CSIR: Comportements stéréotypés et intérêts restreints
DAS: Differential Ability Scale
DI: Déficience intellectuelle
DP: Déficit de prédiction
DSM: Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux
FCC: Faible cohérence centrale
FSIQ: Full Scale Intellectual Quotient
GSC: Gachette-Seuil-Cible
ICV: Indice de compréhension verbale
IVT: Indice de vitesse de traitement de l'information
K-ABC: Kaufman Assessment battery for Children
MPR: Matrices Progressives de Raven
MPRC: Matrice Progressives de Raven Couleur
MSEL: Mullen Scales of Early Learning
PSI: Processing Speed Index
UNIT: Universal Nonverbal Intelligence Test
RCPM: Raven Color Progressive Matrices
SA: Spectre de l'autisme
SB5: Stanford-Binet, 5e édition
SP: Surfonctionnement perceptif
SSJM: Situation de stimulation et de jeu de Montreal

QI : Quotient intellectuel

WAIS: Wechsler Adult Intelligence Scales

WASI: Wechsler Abbreviated Intelligence scales

WPPSI: Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence

WISC: Wechsler Intelligence Scale for Children

*Tout le monde est un génie, mais si on juge un poisson sur sa capacité à grimper à un arbre il
passera sa vie à croire qu'il est stupide
- Albert Einstein*

Remerciements

Je tiens à remercier tellement de personnes, on croit souvent à tort qu'une thèse c'est un travail individuel. Sans chacun de vous, cette thèse n'aurait jamais vu le jour et chacun de vous a contribué significativement à augmenter la qualité de ce travail.

Je tiens donc en premier lieu à remercier mes directeurs. Laurent, merci d'avoir respecté ma tête de cochon et de m'avoir laissé faire ce dont j'avais envie. Merci de m'avoir fait confiance et de m'avoir donné, dès mon arrivée au labo, toutes ces opportunités qui m'ont permis de me développer en tant que chercheuse. Je vous remercie même pour vos critiques parfois sévères qui m'ont poussé à me dépasser! Je suis très heureuse de savoir que nous continuerons à collaborer. Isabelle, merci pour ton côté tellement humain, merci de ton empathie, merci de ta compréhension, merci de m'avoir rassurée chaque fois que je doutais ou que j'étais découragée, merci d'avoir été là dans mes petits et mes grands questionnements. Tu as été et restera un modèle pour moi tant sur le plan professionnel que personnel. Plusieurs rêvent de t'avoir comme directrice et je me considère chanceuse d'avoir été ta première étudiante, merci pour ton support.

Claudine, ta fille est devenue grande! Mon amie, sans toi je n'y serais jamais arrivée. Merci d'avoir été disponible et à l'écoute tout au long de mon parcours. Merci de m'avoir accompagnée au quotidien. J'ai tellement l'impression qu'on a grandi ensemble au cours des dernières années et j'espère que nous continuerons dans le futur. Nous formons une équipe de feu! Merci, merci, merci!

Merci aussi à toute l'équipe qui a travaillé directement sur ce projet. Ça en fait du monde et sans vous il aurait été impossible de mettre ce projet sur pied. Merci Cath, Virginie, Stéphanie (les 2!), Véro (les 2 aussi!), Mel, Sophie, Sylvie, Taylor, Éliane, Ghitza, Janie, Marie-Pier, Andrée-Anne, Pat et Suzanne pour votre travail, pour votre dévouement et pour vos initiatives. Un merci particulier à Dom à qui je confie mon «bébé» avec toute la confiance du monde. Je suis très fière de l'équipe que nous avons créée au fil de années. Travailler avec vous a été un réel plaisir et c'est grâce à vous toutes si je n'ai pas abandonné, et si j'ai encore un semblant d'équilibre dans ma vie!

Merci également aux autres motronnettes, Élise, Fabienne et Jessica qui m'ont servi de mentor et qui m'ont soutenue depuis mon arrivée au labo. Merci aussi aux autres étudiants qui ont partagé mon quotidien, Isa, Pauline, Audrey, Anne-Marie, Valérie, Marie-Ève, et Alexis (les 2!).

Ensuite, il faut absolument que je remercie mes ami(e)s sans qui je n'aurais jamais survécu! Janick, qui m'a accompagnée dans mes hauts et mes bas depuis le début du doc. Ne lâche pas, pour toi aussi c'est bientôt la fin. Merci d'avoir toujours été là mon amie. Chloé, qui est là depuis le bac. Ma coloc, mon amie, ma famille adoptive avec William et Nicole! Merci tellement pour tout. Charlène, Laurence et Cliche, mes amis de la Rive-Sud, mes amis de toujours, vous m'avez vu grandir et évoluer et vous continuez de m'aimer malgré tout ce que vous savez sur moi! Merci! Merci aux Mamaz qui sont devenus tellement importants pour moi au cours de mon doc, vous êtes la folie dans ma vie, je vous aime.

Merci à mes parents qui ont payé pour ces interminables études (je vous jure cette fois-ci c'est vraiment la dernière session!) et aux fantastiques. Vous êtes des piliers dans ma vie, je ne pourrais même pas trouver les mots pour exprimer votre importance dans la réalisation de cette thèse. Vous avez fait de moi qui je suis. Merci pour votre soutien inconditionnel.

Finalement, Jean-Sébastien, je n'ai qu'une chose à te dire : cette thèse c'est un peu la tienne aussi. Tu es celui qui a été le plus témoin de mes hauts et de mes bas. Tu as toujours su trouver les mots et les gestes pour m'aider à me relever et à continuer. Merci pour ton soutien, merci pour ta compréhension, merci pour ton aide, merci pour les scans aussi! Merci de m'avoir accompagné jusqu'au bout de cette aventure, je t'aime.

Introduction

Chapitre 1: Revue de Littérature

L'intelligence

L'intelligence est un concept que les scientifiques s'attardent à définir depuis très longtemps. La nature de l'intelligence humaine et la compréhension des différences interindividuelles dans ce domaine est un objet d'intérêt pour l'homme depuis l'antiquité et a été plus directement discutée lors de la période de la renaissance (Deary, 2000). Dans la section qui suit, il sera donc premièrement question de la définition de l'intelligence et des principaux modèles théoriques de l'intelligence humaine. Il sera ensuite question des mesures de l'intelligence et du lien entre les modèles théoriques et les différentes mesures. Puis finalement, il sera question des corrélats de l'intelligence, plus particulièrement du lien entre les habiletés perceptives et l'intelligence puisque d'un point de vue historique l'étude de ces deux concepts est intrinsèquement liée.

D'un point de vue populaire, la définition de l'intelligence dans les dictionnaires comporte souvent deux parties. La première réfère à l'intelligence comme étant la capacité d'un être vivant de s'adapter à son environnement et la deuxième, référant probablement plus directement à l'intelligence humaine, est présentée comme la capacité de comprendre, de connaître, de penser ("Le petit Larousse 2016 illustré,"). En 1996, le Bureau de affaires scientifiques de l'American Psychological Association a formé un comité chargé de produire un rapport sur l'état des connaissances scientifiques sur l'intelligence. Ulric Neisser a été élu comme président du comité, puis trois autres membres ont été nommés par trois différentes branches de l'American Psychological Association et finalement les autres membres ont été choisis via un processus consultatif. Ce processus de sélection avait pour objectif de former un

comité qui soit représentatif d'une variété d'opinions et d'expertises. Le rapport produit par le comité a donc été débattu, révisé et réécrit jusqu'à ce qu'il reçoive un appui unanime de ses membres (Neisser et al., 1996). Une définition de l'intelligence se voulant consensuelle est donc proposée dans le rapport comme étant «la capacité de comprendre des idées complexes, de s'adapter efficacement à son environnement, d'apprendre de l'expérience, d'effectuer diverses formes de raisonnement et de surmonter des obstacles grâce à la réflexion» (Neisser et al., 1996, p.77, traduction libre).

Modèles théoriques de l'intelligence

Galton (1883, 1890) fut l'un des premiers scientifiques à écrire sur la possibilité de tester l'esprit humain. Déjà à l'époque, il mettait de l'avant l'idée selon laquelle pour avoir une idée générale des capacités d'une personne il faudrait lui administrer plusieurs tests. C'est toutefois à Charles Spearman (1904) que l'on attribue généralement le premier modèle d'influence dans le domaine de l'intelligence. Selon Spearman, il existe une corrélation positive entre toutes les habiletés cognitives et celle-ci découlerait d'une habileté cognitive générale qui serait à la base de toutes les capacités cognitives d'une personne. C'est ce qu'il a appelé le «Facteur G» ou le «facteur d'intelligence générale». Cette corrélation avec le facteur G serait plus ou moins importante selon l'habileté mesurée. Les habiletés de plus haut niveau étant plus fortement corrélées que les habiletés plus spécifiques (Spearman, 1904). Cette hypothèse a été élaborée et validée à l'aide d'analyses factorielles, puis maintes fois répliquée (p.ex. A. R. Jensen, 1998). Il semble en effet qu'un facteur général expliquant une proportion importante de la variance peut être mis en évidence à l'aide d'analyses factorielles, et ce, peu importe le test utilisé pour évaluer les capacités d'une personne (Deary, 2000). Toutefois, la théorie du facteur G a été grandement critiquée depuis son élaboration et certains ont même

été jusqu'à considérer le facteur G comme un artéfact statistique (Gould, 1981). En effet, Gould (1981) soutient qu'une analyse factorielle effectuée en mettant en lien n'importe quels concepts qui sont fortement corrélés mènera invariablement à la mise en évidence d'un facteur commun. Il affirme donc que l'existence d'un facteur commun entre les tests d'intelligence ne suffit pas à prouver l'existence d'une variable sous-jacente (que Spearman a appelé facteur d'intelligence générale) qui serait plus réelle ou plus solide que les mesures d'intelligence en soi. Il a par contre été démontré qu'un tel facteur global n'est pas retrouvé lorsqu'on étudie d'autres concepts comme la personnalité, par exemple (Greene, 2000), ce qui constitue un appui à l'existence du facteur G. Un autre argument en faveur de G est qu'un facteur général d'intelligence a pu être identifié chez certains animaux (Burkart, Schubiger, & Schaik, in press). L'existence de G dans le monde animal implique une indépendance entre ce facteur et l'utilisation du langage oral (Burkart et al., in press), ce qui revêt une importance capitale dans des conditions comme l'autisme où le langage est particulièrement touché. Aujourd'hui, la plupart des scientifiques s'entendent pour dire qu'il s'agit d'un concept réel et important, bien qu'il ne faille pas perdre de vue que G constitue un facteur statistique découlant d'analyses factorielles qui n'explique pas la totalité de la variance dans les tests d'intelligence (Deary, 2000). En effet, la variance expliquée par le facteur G varie d'un test à l'autre. Certains tests seraient donc plus chargés en facteur G («G loading»), mais tous auraient d'autres facteurs expliquant le reste de la variance (Floyd, Shands, Rafael, Bergeron, & McGrew, 2009; A. R. Jensen, 1998, 2002).

Les modèles subséquents d'intelligence découlent également des techniques statistiques d'analyses factorielles. Thurstone (1936), par exemple, identifia 7 facteurs distincts, pouvant

être mesurées de manière indépendante, qu'il nomma habiletés primaires (traitement des nombres, fluidité verbale, mémoire associative, visualisation spatiale, compréhension verbale, vitesse de traitement perceptif et raisonnement). Il ne réfuta toutefois pas l'existence d'un facteur général existant à un niveau supérieur. Par la suite, Cattell et Horn ont développé le modèle Cattell-Horn Gf-Gc, séparant l'intelligence en deux habiletés cognitives générales; l'intelligence fluide (Gf) et l'intelligence cristallisée (Gc) (Cattell, 1963; Horn & Cattell, 1966). L'intelligence fluide est composée des différents processus cognitifs nécessaires pour effectuer un raisonnement inductif ou déductif dans des situations nouvelles (capacité de faire des inférences, de généraliser, de résoudre des problèmes, de détecter de régularités, etc.) et serait plutôt innée, alors que l'intelligence cristallisée est constituée des différentes connaissances acquises par l'éducation ou l'expérience et serait donc acquise (Cattell, 1963; McGrew, 2009). À ces deux habiletés cognitives de départ, Cattell et Horn ont peu à peu ajouté plusieurs d'autres habiletés telles que la mémoire à court terme, le traitement visuel, la vitesse de traitement, etc. (McGrew, 2009). Finalement, en se basant sur toutes les études d'analyses factorielles faites dans le domaine de l'intelligence, Carroll (1993) a développé un modèle d'intelligence en trois strates, séparant ainsi l'intelligence en 3 niveaux d'habiletés cognitives. Le niveau le plus haut (strate III) est celui de l'intelligence générale, faisant référence au facteur G de Spearman, puis au deuxième niveau (strate II) on retrouve les habiletés générales, s'apparentant aux habiletés cognitives générales de Cattell-Horn, et au dernier niveau (strate I) les habiletés spécifiques (Carroll, 1997). Le recoupement important entre le modèle de Cattell-Horn et celui de Carroll a d'ailleurs mené à une nomenclature commune et maintenant bien intégrée dans le domaine de l'étude de l'intelligence humaine, le modèle CHC (Cattell-Horn-Carroll) (Alfonso, Flanagan, & Radwan, 2005; Burkart et al., in press; D. P. Flanagan, Ortiz,

& Alfonso, 2007; Keith & Reynolds, 2010; McGrew, 2009; Reynolds, Keith, Fine, Fisher, & Low, 2007; Taub & McGrew, 2004).

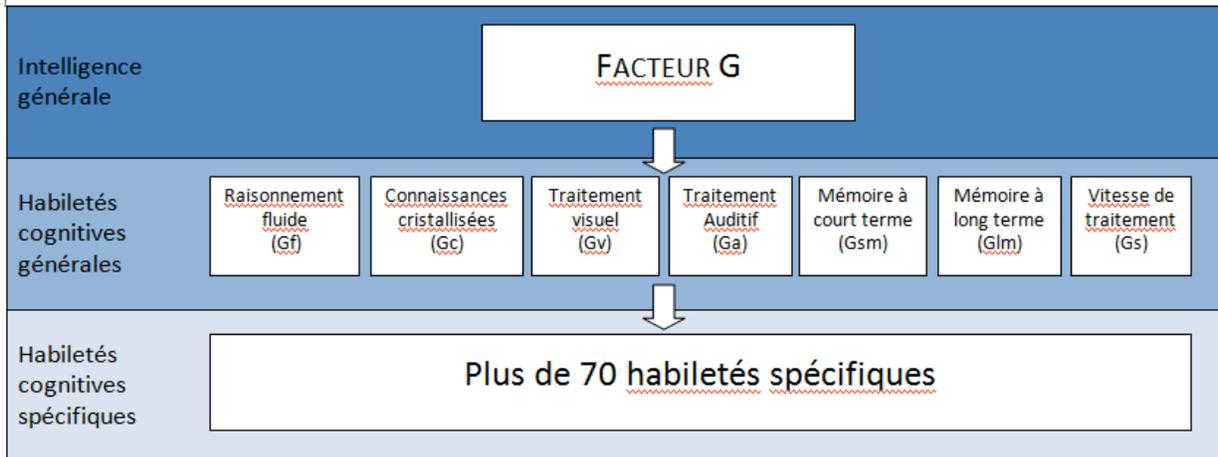


Figure 1. Modèle CHC, tiré et adapté de McGrew, 2009.

Mesures d'intelligence

Les mesures d'intelligence ont à la fois contribué à l'évolution des conceptions théoriques de l'intelligence et ont évolué en fonction de ces dernières. Par exemple, le développement du modèle CHC a découlé de l'analyse des résultats aux différents tests utilisés jusque là, puis les nouvelles versions des tests ont ensuite été construites autour de ce modèle (Keith & Reynolds, 2010). L'échelle de Stanford-Binet est pionnière dans le domaine de l'évaluation de l'intelligence. Développée en 1916, suite à une révision de l'échelle originalement nommée Binet-Simon (Becker, 2003), cette échelle applique la notion de quotient intellectuel (QI) développée par William Stern (1914). En effet, l'échelle de Stanford-Binet ne mesure pas la performance en soi, mais plutôt l'écart entre la performance d'un individu (âge mental) et son âge chronologique selon la formule de Stern (voir ci-bas).

$$QI = 100 \cdot \frac{\text{âge mental}}{\text{âge chronologique}}$$

Or, cette formule n'étant applicable qu'à condition que l'âge mental continue d'évoluer, il est impossible d'évaluer des adultes à l'aide de cette formule (Mackintosh, 2011). Ainsi, des normes sont maintenant développées pour chaque test et pour chaque tranche d'âge et le 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 donc standardisées de manière à ce que la performance moyenne des gens du même âge soit égale à 100 avec un écart-type de 15. Ainsi, bien que chaque test est unique dans sa forme, ses composantes et sa manière de mesurer les différentes habiletés, cette standardisation permet notamment de se rapprocher du QI tel que défini par Stern, tout en facilitant la comparaison entre les tests et l'interprétation de ces derniers.

Les échelles de Wechsler sont parmi les tests les plus répandus et utilisés aujourd'hui pour évaluer le quotient intellectuel. Il existe plusieurs formes pour les différents âges (WPPSI, WISC et WAIS), de même qu'une version abrégée (WASI). Ces échelles, tout comme l'échelle de Stanford-Binet, sont basées sur une conception multidimensionnelle de l'intelligence et leur structure est conforme à celle retrouvée dans le modèle CHC. On retrouve donc le QI global, qui correspond à la strate III. Le QI global est ensuite divisé en 4 sous-échelles, qui correspondent à la strate II et chaque sous-échelle se divise finalement en sous-tests, qui correspondent à la strate I (Wechsler, 2003, 2008). La plupart des autres échelles d'intelligence correspondent également à la structure du modèle CHC, c'est-à-dire que le score global se veut une approximation du facteur G mesuré à l'aide de différentes habiletés

spécifiques et standardisé pour obtenir une moyenne de 100 et un écart-type de 15 (p.ex. Bayley & Reuner, 2006; Bracken & McCallum, 2015; Kaufman & Kaufman, 2004; Mullen, 1995; Roid, 2003; Roid & Miller, 2013).

Les matrices progressives de Raven (MPR) (Raven, Raven, & Court, 1998) se distinguent des autres mesures d'intelligence par leur structure qui n'est pas modelée sur le modèle CHC. En effet, les MPR se veulent une mesure d'intelligence fluide, reconnue comme l'habileté cognitive la plus fortement corrélée au facteur G (Cattell, 1963). D'ailleurs, les MPR sont souvent citées comme le test d'intelligence le plus fortement chargé en «G» (Burke, 1958; Carpenter, Just, & Shell, 1990; Prokosch, Yeo, & Miller, 2005; Snow, Kyllonen, & Marshalek, 1984). Les MPR constituent donc une mesure plus directe du facteur G et ont été démontrées comme fortement corrélés avec les autres échelles d'intelligence dans la population générale (Burke, 1972, 1985; Martin & Wiechers, 1954; McLeod & Rubin, 1962). Il faut toutefois noter que les normes les plus récentes datent de 1987 (Raven et al., 1998), ce qui entraîne des considérations supplémentaires lors de l'interprétation des résultats. Il sera question de ces considérations dans les sections subséquentes traitant des MPR. Il existe trois versions différentes des MPR, soit la version standard, la version couleur (plus courte et plus simple), destinée aux enfants, et la version avancée, développée pour évaluer les personnes présentant une intelligence supérieure. La version standard est composée de 60 matrices (3x3 ou 2x2) séparées en 5 séries de 12 matrices dont la difficulté augmente de manière croissante. Chaque matrice est présentée visuellement et une partie est manquante. Un choix de 6 ou 8 réponses, également présenté visuellement, permet de compléter la matrice. L'administration des MPR ne nécessite donc aucune consigne ou réponse verbale et toute l'information

nécessaire pour résoudre la matrice est disponible, ce qui en fait l'un des tests d'intelligence les plus indépendants de la culture et de la langue (Burke, 1958; Prabhakaran, Smith, Desmond, Glover, & Gabrieli, 1997; Snow et al., 1984).

Intelligence et perception

L'existence d'un lien entre les habiletés perceptives et l'intelligence est une idée qui avait été proposée par Galton dès 1883. En effet, dans ses écrits portant sur l'évaluation de l'esprit humain, Galton proposait une liste d'habiletés à évaluer et la majorité d'entre elles étaient reliées aux capacités perceptives. Il parlait de seuils de détection pour chacun des sens, de vitesse de perception, de temps nécessaire à l'accommodation, etc. (Galton, 1883, 1890). C'était également l'une des hypothèses de Spearman en 1904. Spearman (1904) avançait donc deux hypothèses principales, la première portant sur l'existence du facteur G et la deuxième portant sur l'existence d'un lien entre le facteur G et ce qu'il appela la discrimination sensorielle générale, c'est-à-dire les habiletés perceptives d'une personne. Ce lien entre les habiletés perceptives et l'intelligence a par la suite été étudié et démontré par de nombreuses études, et ce, dans toutes les modalités sensorielles, sauf le goût. Ainsi, Danthiir, Roberts, Pallier, and Stankov (2001) ont exploré et démontré l'existence d'un lien entre les habiletés olfactives et l'intelligence. Puis, deux études ont montré des corrélations entre la perception tactile et l'intelligence (Li, Jordanova, & Lindenberger, 1998; Roberts, Stankov, Pallier, & Dolph, 1997). Les corrélations dans l'étude de Li et al. (1998) allaient de $r=.18$ à $r=.33$ avec l'ensemble des trois tâches tactiles utilisées expliquant 20,8% de la variance dans les tâches d'intelligence, ce qui se rapproche de ce qui est retrouvé dans les études portant sur les

modalités visuelles et auditives présentées ci-après. Ainsi, les modalités visuelles et auditives ont quant à elles été beaucoup plus étudiées, que ce soit le lien entre l'intelligence et la vitesse de traitement de l'information visuelle (temps d'inspection) (Hill et al., 2011) ou auditive (Olsson, Björkman, Haag, & Juslin, 1998) ou les habiletés de discrimination ou d'acuité visuelles (Ghisletta & Lindenberger, 2005) ou auditives (Helmbold, Troche, & Rammsayer, 2006; Watson, 1991). Plusieurs études ont d'ailleurs utilisé à la fois la modalité auditive et visuelle (et même tactile, voir: Deary, Bell, Bell, Campbell, & Fazal, 2004) afin de mesurer le facteur de discrimination sensorielle général décrit par Spearman (1904) et de déterminer le lien entre ce facteur sensoriel et l'intelligence (facteur G). Ainsi, Acton et Schroeder (2001) ont obtenu des corrélations de $r=.21$ et de $r=.31$ pour les modalités auditives et visuelles respectivement, avec une variance expliquée totale de 39%, c'est-à-dire que 39% de la variance du facteur G pouvait être expliquée par les habiletés perceptives auditives et visuelles combinées. Lindenberger et Baltes (1994) obtiennent des corrélations de $r=.65$ pour la modalité visuelle et de $r=.58$ pour la modalité auditive, avec une variance expliquée totale de 49,2%. Voelke, Troche, Rammsayer, Wagner et Roebbers (2013) obtiennent des corrélations variant entre $r=.24$ et de $r=.28$ entre un facteur de discrimination sensorielle général composé de tâches auditives et visuelles et une mesure d'intelligence fluide (le CFT 20-R, voir Weiss, 2006). Meyer, Hagmann-von Arx, Lemola, and Grob (2010) obtiennent une corrélation de $r=.78$ entre un facteur de discrimination général (composé de différentes tâches perceptives) et un facteur d'intelligence général (composé de plusieurs tests cognitifs) . Finalement, Deary et al. (2004) obtiennent une corrélation de $r=.92$ entre 3 mesures d'intelligence, qui combinées sont considérées par l'auteur comme une approximation du facteur G, et 3 mesures perceptives combinant 3 modalités différentes, qui combinées sont considérées par l'auteur comme une

approximation du facteur de discrimination générale. En somme, bien que les résultats varient grandement en fonction des études, des tâches utilisées et de la méthodologie statistique employée, la conclusion générale tirée des études sur la perception et l'intelligence est qu'il existe un lien entre ces deux concepts (Mackintosh, 2011).

La nature du lien perception - intelligence est par contre beaucoup moins claire. Il semble évident que des processus neuronaux communs sous-tendent la performance aux tâches évaluant ces deux construits, mais est-ce que tous deux découlent d'un seul facteur commun (facteur G) ou alors est-ce que les habiletés perceptives sont simplement l'une des composantes mesurées par les tests de QI? Mackintosh (2011) a tenté de répondre à ces questions et arrive à la conclusion que très peu d'études empiriques nous permettent de déterminer ce qui explique la corrélation trouvée entre perception et intelligence. Il conclut que si les tâches perceptives mesuraient simplement un facteur d'habileté perceptive, les tâches de vitesse d'inspection et de temps de réaction, par exemple, devraient être fortement corrélées, ce qui n'est pas le cas (Larson & Saccuzzo, 1989; Nettelbeck & Kirby, 1983). Kranzler et Jensen (1991) ont d'ailleurs montré que ces deux tâches contribuent de manière indépendante au QI. Il est donc plus probable qu'un processus cognitif de plus haut niveau, commun à ces deux tâches, explique la corrélation avec le QI (Hunt, 2010; Mackintosh, 2011). Par contre, selon Mackintosh ce facteur ne serait pas nécessairement le facteur G de Spearman. Plus d'études sont donc nécessaires pour faire la lumière sur la nature du lien entre les habiletés perceptives et l'intelligence.

L'autisme

Définition, description et prévalence

Dans la version précédente du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-IV-TR: American Psychiatric Association, 2000), l'autisme figurait dans la section des troubles neurodéveloppementaux et était considéré parmi les troubles envahissants du développement. Le trouble autistique était caractérisé par une triade de symptômes: des déficits au niveau des interactions sociales, des déficits au niveau de la communication et la présence de comportements stéréotypés et/ou d'intérêts restreints (CSIR). Le spectre de l'autisme (SA), toujours inclus dans la catégorie des troubles neurodéveloppementaux, est maintenant défini selon deux domaines d'atteinte (DSM5) (American Psychiatric Association, 2013). Le premier est un déficit dans la communication sociale et le deuxième est la présence de comportements et/ou d'intérêts restreints ou répétitifs (APA, 2013). Les déficits dans la communication sociale peuvent se manifester de différentes manières, que ce soit par une difficulté à maintenir une conversation, un partage d'émotions restreint, une difficulté à comprendre le langage non-verbal, une incapacité à adapter son comportement en fonction des contextes sociaux, une absence d'intérêt pour les pairs, etc. Quant au deuxième domaine d'atteinte, son importance est maintenant beaucoup plus grande dans l'établissement d'un diagnostic de spectre de l'autisme. En effet, deux des quatre types de CSIR doivent être présents plutôt qu'un seul selon les critères du DSM-IV-TR (APA, 2000; 2013). On doit donc retrouver, au moment de l'évaluation ou dans l'histoire développementale, 1) des mouvements ou une utilisation d'objets qui est stéréotypée et répétitive 2) une rigidité importante par rapport aux changements ou une adhérence à des rituels, 3) des intérêts restreints et anormaux soit par leur nature ou par leur intensité et 4) une hyper ou hyporéactivité à des stimulations

sensorielles ou un intérêt anormal pour les aspects physiques de l'environnement (APA, 2013). De plus, il est maintenant nécessaire de spécifier le degré de sévérité pour chacun des deux domaines d'atteinte selon des critères explicités dans le DSM-5. Ensuite, les symptômes doivent être présents dans la petite enfance. Puis, finalement, lorsqu'un diagnostic de SA est posé il est maintenant nécessaire de statuer sur la présence ou l'absence de déficits sur le plan intellectuel et sur la présence ou l'absence d'un déficit sur le plan langagier (APA, 2013). Ces spécificateurs permettent ainsi de tenir compte de l'hétérogénéité dans le phénotype autistique, malgré le (et à l'intérieur du) diagnostic unique de trouble du spectre de l'autisme.

Les taux de prévalence du SA ne sont pas encore connus puisqu'aucune étude épidémiologique n'a été publiée depuis l'adoption des nouveaux critères diagnostiques. Les plus récents estimés situent toutefois le taux de prévalence mondial autour de 1% (American Psychiatric Association, 2013). On peut par ailleurs supposer que les taux de prévalence seront affectés par les changements dans les critères diagnostiques. En effet, les taux dans les études basées sur les critères diagnostiques du DSM-IV-TR variaient grandement selon que les autres troubles envahissants du développement étaient inclus ou non dans le calcul de la prévalence (Elsabbagh et al., 2012). De plus, on note une hausse constante des taux de prévalence depuis l'introduction de la notion d'autisme infantile par Kanner (1943). Ainsi, dans les études récentes, Chakrabarti et Fombonne (2005) rapportent un taux de prévalence de 5.9/1000 dans une cohorte d'enfants d'âge préscolaire au Royaume-Uni, Baird et al. (2006) obtiennent un taux de 11.6/1000 également dans une cohorte du Royaume-Uni. Puis, en 2008 le Centre de contrôle et de prévention des maladies, qui collecte des données sur de nombreuses conditions et maladies aux États-Unis, rapporte un taux 11.3/1000 et ce taux passe à 14.7/1000 en 2010

(Center for Disease Control and Prevention (CDC), 2008, 2010). Finalement, Elsabbagh et al. (2012) rapportent une incidence médiane de 6.2/1000 dans les études publiées dans le monde entre 2000 et 2012. Cette hausse dans les taux de prévalence serait au moins partiellement expliquée par une augmentation de la sensibilisation à l'autisme, de même que par l'élargissement des critères diagnostiques, voire par leur imprécision intrinsèque. L'existence d'une réelle hausse dans le taux d'incidence demeure donc incertaine (Elsabbagh et al., 2012; Hansen, Schendel, & Parner, 2015; Lundström, Reichenberg, Anckarsäter, Lichtenstein, & Gillberg, 2015; Wing & Potter, 2002). Il est également à noter que les taux de prévalence varient grandement en fonction du sexe. On rapporte typiquement une fille pour quatre garçons répondant aux critères diagnostiques de SA (American Psychiatric Association, 2013; Center for Disease Control and Prevention (CDC), 2008, 2010). Or, de récentes études épidémiologiques suggèrent plutôt un taux autour de trois garçon pour une fille (Baxter et al., 2015; Idring et al., 2012; C. M. Jensen, Steinhausen, & Lauritsen, 2014; Y. S. Kim et al., 2014).

Facteurs génétiques, biologiques et environnementaux

Les causes de l'autisme sont encore largement méconnues et l'étude de l'étiologie est entre autres rendue complexe par la largesse de la définition du SA dans le DSM-5. En effet, le SA regroupe des individus ne formant pas un groupe homogène. L'APA (2013) indique que le SA serait causé par une interaction complexe entre des facteurs génétiques, biologiques et environnementaux. Il apparaît en effet y avoir des aspects génétiques impliqués dans l'autisme puisqu'il y a présence d'agrégation dans les fratries, c'est-à-dire que les chances qu'un enfant

soit autiste sont significativement plus élevées s'il y a déjà un enfant autiste dans la fratrie et sont plus grandes chez des jumeaux monozygotes que dizygotes (Constantino, Zhang, Frazier, Abbacchi, & Law, 2010; Ronemus, Iossifov, Levy, & Wigler, 2014; Rosenberg et al., 2009). Pour un sous-groupe d'autistes dits «syndromiques», une cause génétique aux symptômes d'autisme est identifiable (par exemple: X fragile, syndrome de Rett, syndrome de Joubert, macrocéphalie, etc.) (Caglayan, 2010). Or, dans la majorité des cas aucune cause génétique claire n'a pu être identifiée à ce jour. Des études génétiques ont démontré des anomalies au niveau de variabilité du nombre de copies (copy number variations)¹ et plus particulièrement, des mutations *de novo*² (Abrahams & Geschwind, 2008; Ronemus et al., 2014) chez certains autistes, mais ces dernières demeurent extrêmement rares et ne sont pas suffisantes pour expliquer le phénotype présenté par ces personnes. En effet, ce type d'anomalies n'est typiquement retrouvé que dans une minime proportion des cas (souvent moins de 1%) et les personnes présentant une mutation de novo ayant été reliée à l'autisme ne présentent pas toutes un phénotype autistique (Caglayan, 2010).

Ce sous-groupe d'autistes dits «non syndromiques» a des caractéristiques qui le distinguent du groupe d'autistes dits «syndromiques». Des études ont en effet montré un lien génotype-phénotype lorsque des mutations génétiques peuvent être identifiées (Robinson et al., 2016). Par exemple, certaines mutations sont retrouvées uniquement chez les autistes ayant un QI au niveau de la déficience intellectuelle (Iossifov et al., 2014; Robinson et al., 2014). De

¹ Variations dans le nombre de copies d'un gène. Ces variations sont responsables des différences interindividuelles et certaines de ces variations sont retrouvées en autisme.

² Mutation d'un gène alors que les parents ne présentent pas cette mutation dans leur patrimoine génétique (nouvelle mutation). La mutation apparaîtrait donc dans les gamètes ou dans le zygote.

plus, une étude a démontré une association entre la présence de certains types de CNV, les habiletés de communication, le niveau de langage et le fonctionnement adaptatif (Merikangas et al., 2014).

Les facteurs de risque environnementaux, tels que l'exposition à des métaux lourds ou l'âge des parents, constituent des facteurs de risques identifiés pour certaines de ces mutations génétiques. Cette hypothèse, bien que plausible, demeure toutefois très peu explorée et bénéficie donc de très peu d'appuis empiriques (Kinney, Barch, Chayka, Napoleon, & Munir, 2010). Puis, il est possible que pour les autistes syndromiques, les mutations génétiques soient à l'origine de certaines différences biologiques répertoriées en autisme, telles que des différences au niveau de la matière blanche, de la connectivité cérébrale, des systèmes de GABA, etc. (Minschew & Williams, 2007), mais cette hypothèse n'explique pas ce qui se passe pour les autistes pour lesquels aucune mutation n'est identifiée. Finalement, ces différences biologiques pourraient à leur tour être responsables des différences comportementales observées chez les autistes. Il faut toutefois mentionner qu'il est hautement improbable que la chaîne des facteurs explicatifs soit simplement de cause à effet (facteurs environnementaux qui causent des mutations génétiques, qui elles causent des différences biologiques qui entraînent finalement les différences comportementales). Il est en effet beaucoup plus probable que tous ces facteurs soient en constante interaction, ce qui complexifie d'autant plus la compréhension de l'étiologie de l'autisme. D'ailleurs, la nature de ces interactions est pour l'instant inconnue (APA, 2013).

Modèles cognitifs

Modèle de la faible cohérence centrale (FCC)

Utah Frith (1989) a développé le modèle de la faible cohérence centrale (*weak central coherence* en anglais) pour faire état des différences cognitives observées chez les autistes. L'idée à la base du développement de ce modèle est que pour comprendre les déficits que présentent les autistes, l'étude de leurs forces peut être informative (Happé, 1999). Ainsi, le modèle a été développé, puis étoffé, en se penchant sur l'étude de tâches perceptives dans lesquelles les autistes obtiennent une performance supérieure aux non-autistes (la tâche des figures cachées, par exemple)³. Dans le test des figures cachées, il est demandé au participant de trouver une figure (par exemple un triangle) dissimulée dans une image globale (par exemple un téléviseur). Ainsi, dans cette tâche un traitement global empêche de trouver rapidement la figure cachée puisque lors de la recherche de la cible, la personne est influencée par le sens global de l'image. La performance supérieure des autistes à cette tâche fut donc attribuée à une supériorité dans le traitement local, au détriment du traitement global. Selon ce modèle, cette difficulté à traiter l'information globalement expliquerait la performance supérieure des autistes dans des tâches perceptives où un traitement global nuit à la performance des sujets non autistes (Shah & Frith, 1983, 1993).

³ Les surperformances des autistes sur le plan perceptif seront rapportées de manière plus détaillée dans la section portant sur la perception et l'intelligence en autisme.

Le modèle FCC a eu une influence importante dans le domaine de la cognition en autisme et continue d'être cité, critiqué et étudié. Les auteurs ont ainsi mis à jour le modèle en fonction des nouvelles données empiriques et parlent maintenant d'un biais pour le traitement local plutôt que d'un déficit du traitement global (Happé & Frith, 2006). Il a en effet été démontré que le traitement global n'est pas impossible pour les autistes et qu'ils arrivent à traiter l'information globalement lorsque cela est nécessaire à la réussite de la tâche (Caron, Mottron, Berthiaume, & Dawson, 2006; Mottron, Peretz, & Menard, 2000; Plaisted, Swettenham, & Rees, 1999). De plus, l'hypothèse selon laquelle une performance supérieure dans une tâche est nécessairement accompagnée d'un déficit dans une tâche complémentaire (*inverse assumption*) a elle aussi été rejetée (Grant & Davis, 2009) .

Modèle du surfonctionnement perceptif (SP)

Le modèle du surfonctionnement perceptif a été développé par Mottron et Burack (2001; Mottron, Dawson, Soulières, Hubert, & Burack, 2006). Le développement du modèle SP a d'ailleurs contribué à la mise à jour du modèle FCC (voir Happé & Frith, 2006). Selon le modèle SP, ce serait un surfonctionnement des systèmes visuels et auditifs, de même de même qu'une indépendance plus grande de ces systèmes dans le cerveau autiste qui expliquerait les différences retrouvées au niveau comportemental et neuronal (Mukerji, Mottron, & McPartland, 2013). Ce modèle considère en effet qu'étant donné que l'information sensorielle est à la base de tout traitement cognitif, un traitement perceptif différent entraînera inévitablement des différences cognitives et comportementales (Mottron & Burack, 2001; Mottron et al., 2006). Ainsi, les autistes pourraient, contrairement aux non-autistes, utiliser ou

non un traitement de type global, mais leur mode de traitement «par défaut» serait un mode de traitement local. Comme mentionné dans la section précédente, les études comportementales semblent aller dans ce sens (p.ex. Plaisted et al., 1999). De surcroît, les études d'imagerie semblent également appuyer le modèle SP. Une méta-analyse a démontré une plus grande activation des régions temporales, occipitales et pariétales et une diminution de l'activation des régions frontales dans un ensemble de tâches visuelles, ce qui indique une plus grande implication des régions perceptives dans le traitement de l'information visuelle, et ce, peu importe la tâche (Samson, Mottron, Soulières, & Zeffiro, 2012).

Modèle du déficit de prédiction (DP)

Ce modèle de compréhension de l'autisme est basé sur les principes d'apprentissage *top-down* et *bottom-up*. Plus particulièrement, il s'appuie sur les principes des modèles bayésiens du traitement de l'information perceptive et a été introduit par Pellicano et Burr (2012). L'aspect *top-down* du traitement de l'information est l'influence des connaissances antérieures sur le traitement de l'information actuelle. En effet, étant donné que les percepts sont souvent flous, il est nécessaire d'avoir recours à des connaissances antérieures pour en faire du sens. Ces connaissances antérieures nous permettant d'attribuer un sens à une image sont appelées des «*priors*». Leur formation et leur évolution au cours de la vie sont pour l'instant méconnues (Ma, Beck, Latham, & Pouget, 2006; Pellicano & Burr, 2012). Il semble toutefois que le poids des *priors* est modulé en fonction de l'expérience (Pellicano & Burr, 2012). Ainsi, dans l'approche bayésienne, le cerveau est conceptualisé comme une machine à faire des prédictions, c'est-à-dire qu'il analyse constamment la probabilité qu'un événement

«Y» arrive compte tenu de ce qu'il connaît déjà, les *priors*. Le cerveau neurotypique serait en fait extrêmement efficace pour effectuer des inférences bayésiennes (Ma et al., 2006), mais le cerveau autiste pourrait l'être moins (Lawson, Rees, & Friston, 2014; Pellicano & Burr, 2012; Sinha et al., 2014; Van de Cruys et al., 2014). Van de Cruys et al. (2014) se distinguent du modèle proposé par Pellicano et avancent que le cerveau autistique pourrait avoir une plus grande difficulté à s'ajuster quand un événement ne va pas dans le sens de la prédiction précédemment émise, le rendant moins flexible à s'ajuster suite à une mauvaise prédiction. Pellicano et Burr (2012) parlent quant à eux d'*hypo priors*, c'est-à-dire qu'il y aurait une différence fondamentale dans la formation des *priors* et ceux-ci auraient une influence moindre sur le traitement perceptif. Sinha et al. (2014) émettent l'hypothèse que le seuil de détection de liens causaux entre un événement X et Y serait plus élevé chez les autistes. Le lien causal entre deux événements se doit ainsi d'être plus fort pour que les autistes puissent le détecter et faire une prédiction sur la probabilité que l'événement «Y» se produise.

Le modèle DP est compatible avec les modèles FCC et SP présentés précédemment. Un déficit dans la capacité à faire des prédictions (quelle qu'en soit la cause ou la façon de l'expliquer) pourrait résulter en un traitement perceptif de bas niveau surinvesti et supérieur. En effet, le traitement perceptif de bas niveau est davantage stable et donc prédictible et l'influence des connaissances antérieures peut nuire au traitement de ce type d'information. Pour l'information moins facilement prédictible par contre, il serait plus difficile pour la personne de former des représentations et donc ce type d'information serait moins considéré dans le traitement perceptif, entraînant le biais local décrit dans les modèles FCC et SP (Van de Cruys et al., 2014).

Une difficulté à faire des prédictions pourrait expliquer plusieurs aspects du phénotype autistique. Par exemple, afin de ne pas être envahi par les stimuli sensoriels environnants, notre cerveau utilise des processus d'habituation. Or, l'habituation est possible grâce à la prédictibilité des stimulations sensorielles. Une incapacité à prédire ces stimulations pourrait donc mener à une hyper sensibilité sensorielle telle que celle retrouvée dans le SA (Sinha et al., 2014). Ensuite, la nature des interactions des autistes avec des objets dynamiques pourrait également découler d'une difficulté de prédiction. En effet, on retrouve en autisme un intérêt pour les objets dont les mouvements sont prédictibles (ex: ventilateur) et pour la mise en mouvement stéréotypée d'objets (mouvements prédictibles dans ce cas également). En parallèle, on retrouve une difficulté à interagir avec des objets dynamiques dont les mouvements sont beaucoup plus difficiles à prédire, tel que les voitures, par exemple (Sinha et al., 2014). C'est peut-être également une des causes des difficultés observées au niveau de la motricité puisque les habiletés motrices découlent principalement d'une anticipation de ce qui va arriver (Van de Cruys et al., 2014). Le domaine dans lequel les prédictions que le cerveau doit faire sont les plus complexes est celui des interactions sociales. La relation entre les événements dans le domaine social est instable et donc plus faible que dans d'autres domaines, ce qui rend les prédictions beaucoup plus difficiles à faire et le degré d'erreur possible beaucoup plus grand (Sinha et al., 2014; Van de Cruys et al., 2014). De plus, cette instabilité en fait le domaine où il devient primordial de s'appuyer sur les expériences antérieures (Lawson et al., 2014). Une plus grande difficulté à prédire les événements, une rigidité dans l'ajustement suite à des erreurs de prédiction ou une moins grande propension à s'appuyer sur

ses expériences antérieures pourraient ainsi être à l'origine des difficultés au niveau social observées en autisme (Lawson et al., 2014; Sinha et al., 2014; Van de Cruys et al., 2014).

Dans le même ordre d'idées, il est facilement imaginable que de vivre dans un monde hautement imprévisible soit anxiogène et risque d'entraîner des comportements visant à diminuer cette imprévisibilité (Van de Cruys et al., 2014). Les comportements stéréotypés retrouvés dans le SA sont donc considérés comme des moyens de gérer ou de diminuer l'imprévisibilité ou alors comme une conséquence de l'anxiété générée par cette imprévisibilité (Lawson et al., 2014; Pellicano & Burr, 2012; Sinha et al., 2014; Van de Cruys et al., 2014). Les CSIR constitueraient donc une tentative de générer des stimuli prédictibles (Van de Cruys et al., 2014). Finalement, les domaines dans lesquels les autistes démontrent des intérêts particuliers et dans lesquels des capacités spéciales sont retrouvées sont généralement régis par un ensemble de règles stables et donc prédictibles (Mottron et al., 2013; Mottron, Dawson, & Soulières, 2009; Sinha et al., 2014). C'est le cas du calcul de calendrier, de la musique, de l'alphabet/code écrit, du dessin 3D, du calcul mental, etc.

Finalement, Sinha et al. (2014) émettent l'hypothèse qu'une hyperplasticité cérébrale devrait être retrouvée en autisme si le modèle de déficit de prédiction est vrai. Selon les auteurs, les stimulations présentes auraient un poids disproportionné par rapport aux connaissances antérieures, ce qui entraînerait un effet de nouveauté beaucoup plus fréquent que la norme. Cet effet de nouveauté a une influence sur les ganglions de la base et le tronc

cérébral, qui jouent un rôle important dans la régulation des apprentissages. Ces zones seraient donc suractivées et entraîneraient une hyperplasticité.

Modèle Gâchette-Seuil-Cible (GSC)

Le modèle Gachette-Seuil-Cible (Trigger-Treshold-Target en anglais), développé par Mottron, Belleville, Rouleau et Collignon (2014), se penche notamment sur la question de la plasticité en autisme. La présence d'une hyperplasticité cérébrale en autisme est de plus en plus étudiée. Elle a été démontrée dans des modèles animaux (souris ayant été exposées à l'acide valproïque lors du premier trimestre de gestation) (Markram & Markram, 2010; Rinaldi, Kulangara, Antoniello, & Markram, 2007; Rinaldi, Perrodin, & Markram, 2008). Chez l'humain, par contre, les seuls indices dont nous disposons pour émettre l'hypothèse d'une hyperplasticité en autisme sont au niveau génétique. En effet, plusieurs des gènes pour lesquels des mutations *de novo* ont été identifiées et reliées à l'autisme sont des gènes impliqués dans la plasticité cérébrale (Waltereit, Banaschewski, Meyer-Lindenberg, & Poustka, 2014). Le modèle GSC stipule que des mutations génétiques seraient à l'origine du déclenchement (**gâchette**) 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 et la combinaison des différentes mutations génétiques, seuils de déclenchement et cibles entraînerait la variabilité retrouvée au sein du SA (Mottron et al., 2014). Les différentes combinaisons de gâchette-seuil-cible et leurs conséquences au niveau du phénotype sont présentées dans la figure ci-bas.

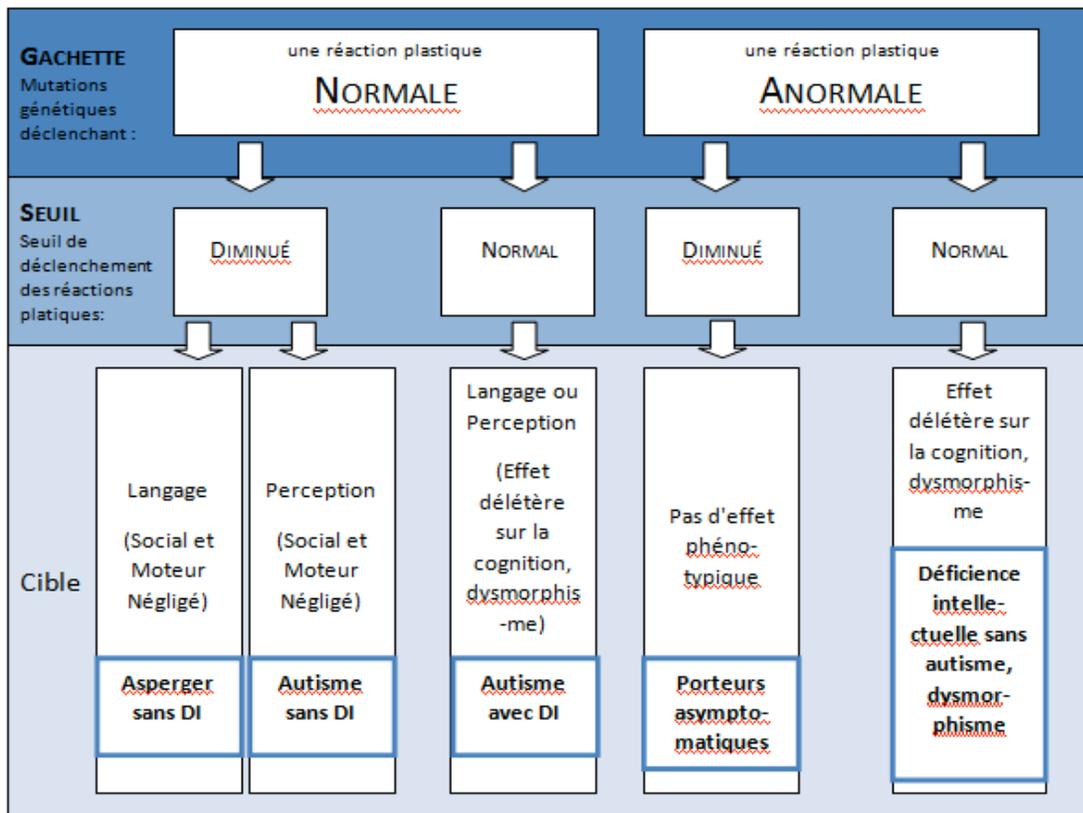


Figure 2. Modèle Gachette-Seuil-Cible, tiré et adapté de Mottron et al. 2014.

Le modèle GSC est le seul modèle explicatif qui se penche sur la question de l'hétérogénéité en autisme et plus particulièrement sur les différences au niveau intellectuel au sein de cette population. Ainsi, selon ce modèle, le facteur déterminant pour expliquer la présence ou non d'une déficience intellectuelle en autisme serait le seuil de déclenchement des réactions plastiques. Il est donc suggéré qu'un seuil diminué caractériserait la partie du spectre de l'autisme qui ne présente pas de déficience intellectuelle.

L'intelligence en autisme

Les différences interindividuelles sur le plan de l'intelligence ont également été étudiées dans la population autiste. Les études épidémiologiques ont donc presque systématiquement rapporté la proportion de l'échantillon étudié présentant une déficience intellectuelle lorsque ces données étaient disponibles. Les détails méthodologiques, comme les tests utilisés pour évaluer l'intelligence ou les conditions d'administration, ne sont par contre pas toujours détaillés dans ces études. Les taux de déficience intellectuelle rapportés dans la population autistique varient grandement d'une étude à l'autre et tendent à diminuer au fil des années. Les taux les plus élevés sont souvent retrouvés dans les études où tous les troubles envahissants du développement sont inclus (syndrome de Rett, trouble désintégratif de l'enfance, etc.) (La Malfa, Lassi, Bertelli, Salvini, & Placidi, 2004; Matson & Shoemaker, 2009). Puis, au fur et à mesure que les tests ont évolué et que notre compréhension de l'autisme s'est accrue, les cas ne présentant pas de déficience intellectuelle ont pu être identifiés, ce qui a contribué à une diminution dans la prévalence de déficience intellectuelle dans le SA (Keen & Ward, 2004). Ainsi, Fombonne (2003), dans une revue de 20 études publiées entre 1966 et 2001, rapporte une moyenne de prévalence de déficience intellectuelle de 70% chez les enfants présentant un trouble envahissant du développement. La Malfa et al. (2004), plus récemment, obtiennent des résultats similaires auprès de cette même population. Puis, Baird et al. (2006) et Charman, Pickles, et al. (2011) obtiennent un taux autour de 55%, alors que Chakrabarti et Fombonne (2005) rapportent une prévalence de 29,8%. Ce dernier taux se rapproche des données obtenues par le Center for Disease Control and Prevention (CDC) en 2008 (38%) et en 2010 (31%) (CDC, 2008; 2010).

Importance de l'évaluation intellectuelle

Le diagnostic de SA nécessite, depuis l'arrivée de la dernière version du DSM, de spécifier la présence ou l'absence de déficits sur le plan intellectuel (APA, 2013). L'évaluation du potentiel intellectuel est donc partie intégrante de la caractérisation d'un individu autiste, une fois le diagnostic catégoriel posé. De plus, cette évaluation aura une influence sur les cibles d'intervention choisies et aura des répercussions importantes sur l'enfant tout au long de sa vie. Il est donc important de trouver des moyens valides d'évaluer le potentiel de raisonnement des enfants autistes, et ce, aussi tôt que possible dans leur développement. Il serait en effet préjudiciable de limiter les interventions au développement d'habiletés liées aux activités de la vie quotidienne (p.ex. apprentissage de la propreté), chez un enfant qui aurait les capacités de faire des apprentissages académiques. Une évaluation permettant de mettre en lumière à la fois les forces et les faiblesses de la personne est donc primordiale à la mise en place d'interventions appropriées au potentiel de l'enfant afin que ce dernier se développe de manière optimale.

Défis liés à l'évaluation intellectuelle

L'évaluation intellectuelle d'enfants neurotypiques, particulièrement à l'âge préscolaire, constitue un défi en soi. Il est en effet difficile d'arriver à obtenir la collaboration de l'enfant et la durée de la période d'attention en bas âge est très limitée. La durée des tests destinés aux enfants de cet âge est souvent excessive, ne prenant pas en compte le temps où l'enfant n'est pas attentif à la tâche, s'intéresse à autre chose, a besoin d'une pause, etc. L'évaluation

d'enfants autistes à cet âge présente donc tous ces défis de même que plusieurs autres liés aux particularités propres au SA (Akshoomoff, 2006; Lord & Schopler, 1989).

Défis liés au phénotype

Plusieurs aspects du phénotype autistique rendent l'évaluation intellectuelle traditionnelle difficile, voire impossible auprès de ces enfants. Premièrement, l'utilisation du langage inhérente à la plupart des tests d'intelligence traditionnels rend l'utilisation de ces échelles impossible auprès d'une grande proportion d'enfants autistes. En effet, tel qu'expliqué précédemment, le retard et les anomalies de langage sont caractéristiques du phénotype autistique, particulièrement en bas âge (APA, 2013; Lord, Rutter, & Le Couteur, 1994). De plus, des difficultés au niveau de la compréhension persistent à l'âge scolaire chez une grande proportion d'autistes (80%, Rapin, Dunn, Allen, Stevens, & Fein, 2009) et un retard dans le vocabulaire réceptif est retrouvé chez 60 à 70% d'un échantillon d'enfants âgés de 4 à 14 ans (Kjelgaard & Tager-Flusberg, 2001). Les difficultés au niveau du langage chez les autistes peuvent bien entendu avoir un impact sur leur performance aux sous-tests verbaux des tests d'intelligence, mais également se répercuter sur leur performance aux sous-tests non-verbaux. En effet, la compréhension et la complétion de ces sous-échelles requièrent malgré tout un certain niveau d'habiletés langagières (M. Dawson, Soulières, Gernsbacher, & Mottron, 2007; Wechsler, 2003, 2012). Deuxièmement, la présence de rigidités pousse souvent les enfants autistes à vouloir effectuer la tâche demandée d'une certaine manière, qui ne correspond pas nécessairement à celle requise par le test. Troisièmement, il arrive que les enfants autistes aient de la difficulté à pointer, ce qui est une habileté souvent nécessaire pour indiquer la

réponse dans les tests d'intelligence (Akshoomoff, 2006; Baron-Cohen, 1989; Leekam, López, & Moore, 2000). Cette difficulté pousse même certains chercheurs à exclure de leurs études les enfants qui sont incapables de pointer (p.ex. Baum, Shear, Howe, & Bishop, 2014) avec des effets évidents sur la validité externe de leurs résultats. En dernier lieu, la présence de comportements d'autostimulation ou de comportements stéréotypés peut également entraver l'administration des tests.

Écart entre le niveau de fonctionnement et le niveau intellectuel

Malgré les difficultés énumérées ci-haut, on ne peut conclure à la déficience intellectuelle d'un enfant autiste simplement sur la base d'une impossibilité à effectuer les tests d'intelligence de manière valide. Les études tendent à démontrer que le niveau de fonctionnement adaptatif est souvent plus bas que le fonctionnement intellectuel chez les autistes (Charman, Pickles, et al., 2011; Freeman, Ritvo, Yokota, Childs, & Pollard, 1988; Ray-Subramanian, Huai, & Weismer, 2011; Rivard, Terroux, Mercier, & Parent-Boursier, 2015; Venter, Lord, & Schopler, 1992; Volkmar et al., 1987). Cette supériorité du QI sur le niveau adaptatif serait d'ailleurs plus marquée chez les autistes n'ayant pas de déficience intellectuelle associée et tendrait à disparaître chez ceux présentant un niveau intellectuel dans la déficience (Bölte & Poustka, 2002; H. E. Flanagan et al., 2015; Kanne et al., 2011). Il a été proposé que cette absence d'écart entre les mesures de niveau adaptatif et de niveau intellectuel chez les autistes ayant un QI bas puisse découler d'un effet de «faux plancher» des échelles de comportements adaptatifs. En effet H. E. Flanagan et al. (2015) ont noté qu'aucun des participants de leur échantillon et un seul de celui de Kanne et al. (2011) n'a obtenu un

score en bas de 40 sur l'échelle développementale utilisée (Vineland Adaptive Behavior Scale) alors que le minimum possible est de 20. Ensuite, certains auteurs se sont également penchés sur la possibilité que la séquence développementale ne soit pas la même chez les autistes que chez les non-autistes. Ainsi, les autistes développeraient des habiletés qui sont considérées plus avancées avant de développer des habiletés considérées de base chez les enfants typiques (VanMeter, Fein, Morris, Waterhouse, & Allen, 1997). Par exemple, un enfant pourrait être en mesure d'identifier et nommer des lettres avant d'être en mesure de le faire pour des images, ou alors il pourrait être en mesure de reproduire une image en deux dimensions à l'aide de blocs, mais être incapable d'imiter la construction d'un intervenant. Les auteurs qui se sont penchés sur cette question ont proposé le terme «déviance» développementale pour illustrer cette atypie dans la séquence développementale. Puis, cette «déviance» pourrait ou non se présenter avec un délai de développement. En somme, une difficulté fonctionnelle menant à une incapacité à comprendre ou à compléter les tâches d'un test n'est pas nécessairement synonyme de retard sur le plan intellectuel en autisme.

Écart entre les différents tests d'intelligence

Un autre défi dans l'évaluation intellectuelle en autisme se situe au niveau du choix des tests. Chez les autistes, même lorsque l'administration des tests est possible, ces derniers peuvent dépendre les capacités d'une même personne de manière très différente, menant donc à une interprétation et à des conclusions différentes en fonction du test utilisé. La différence la plus souvent rapportée est celle retrouvée entre les échelles de Wechsler et les Matrices Progressives de Raven. La performance aux MPR semble en effet être systématiquement plus

élevée que la performance aux échelles de Wechsler chez les autistes. Cette différence a été décrite à la fois chez les enfants autistes sans retard de langage (correspondant au diagnostic d'Asperger du DSM-IV-TR) (Hayashi, Kato, Igarashi, & Kashima, 2008; Sahyoun, Soulières, Belliveau, Mottron, & Mody, 2009; Soulières, Dawson, Gernsbacher, & Mottron, 2011), chez les enfants autistes avec retard de langage (Bölte, Dziobek, & Poustka, 2009; Charman, Pickles, et al., 2011; M. Dawson et al., 2007; Nader, Courchesne, Dawson, & Soulières, 2014; Sahyoun et al., 2009) et chez les adultes autistes avec et sans retard de langage (Barbeau, Soulières, Dawson, Zeffiro, & Mottron, 2013; Bölte et al., 2009; Sahyoun et al., 2009; Soulières, Dawson, et al., 2011). Il est à noter que plusieurs cliniciens affirment que la désuétude des normes entraîne également un écart entre les MPR et les échelles de Wechsler chez les non-autistes (avec ou sans retard de développement). Or, cela n'est généralement pas ce qui est retrouvé dans la littérature (Bölte et al., 2009; M. Dawson et al., 2007) et dans les quelques échantillons où une différence entre les deux tests est retrouvée chez les non-autistes elle est significativement moins grande que celle retrouvée chez les autistes (p.ex. Nader et al., 2014). L'écart Wechsler-MPR n'est d'ailleurs pas le seul écart retrouvé entre les différents tests d'intelligence en autisme. Ainsi, une étude a démontré un écart significatif entre les échelles de Wechsler et le Leiter International Performance Scale, un test d'intelligence entièrement non-verbal (Leiter, 1936) souvent utilisé auprès de la population autiste. Shah et Holmes (1985) ont démontré un écart significatif entre les deux tests au profit du Leiter dans un petit échantillon d'enfants autistes. Une étude s'est également penchée sur la différence entre les échelles de Wechsler et le Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC) (Kaufman & Kaufman, 1983), mais rapporte des scores globaux similaires aux deux échelles chez les enfants autistes (Freeman, Lucas, Forness, & Ritvo, 1985). Ensuite, une étude a comparé les

échelles de Wechsler à la dernière version du Stanford-Binet (SB5) (Roid, 2003) et rapporte des scores supérieurs sur le Stanford-Binet dans un échantillon d'adolescents autistes (Baum et al., 2014). Ensuite, les scores au Leiter-R (Roid & Miller, 1997) ont été comparés à ceux d'autres tests. En premier lieu, il a été démontré que les scores au Leiter-R sont supérieurs aux scores au Stanford-Binet 5 chez les autistes (Grondhuis & Mulick, 2013). En dernier lieu, les scores au Leiter-R ont été rapportés comme similaires à ceux obtenus avec le Universal Nonverbal Intelligence Test (UNIT), un test d'intelligence également entièrement non verbal (Bracken & McCallum, 1998) auprès d'un échantillon ayant un retard de langage, mais pas nécessairement un diagnostic de SA (Farrell & Phelps, 2000). Finalement, une étude a comparé les scores aux Mullen Scales of Early Learning (MSEL) (Mullen, 1995), une échelle développementale souvent utilisée pour évaluer le fonctionnement cognitif d'enfants autistes en bas âge à celle d'un autre test intellectuel, le Differential Ability Scale (DAS) (Elliott, Murray, & Pearson, 1990). Les résultats démontrent des performances similaires aux deux tests dans l'échantillon de jeunes enfants autistes (Bishop, Guthrie, Coffing, & Lord, 2011).

Les écarts rapportés entre les tests d'intelligence ne sont pas retrouvés dans la population neurotypique. Ainsi, le choix des tests prend une importance beaucoup plus grande chez les autistes et peut mener à des conclusions diamétralement opposées concernant le potentiel intellectuel de la personne. L'évaluation intellectuelle doit donc inclure plusieurs tests permettant à la fois de documenter les forces et les faiblesses de la personne. Il serait en effet préjudiciable de conclure à un retard sur le plan cognitif alors que les tests utilisés ne permettent tout simplement pas d'avoir accès au potentiel maximal de l'enfant.

Écart entre les sous-tests d'un même test d'intelligence

En plus des écarts entre les différents tests d'intelligence, des écarts importants sont retrouvés entre les sous-tests d'une même batterie. Le test le plus étudié et pour lequel les résultats sont le plus robustes est le Wechsler. Dans cette section, il sera donc principalement question des écarts au sein de ce test, mais des profils intellectuels similaires sont retrouvés dans les quelques études s'étant penchées sur d'autres batteries en autisme (p.ex. Bishop et al., 2011; Coolican, Bryson, & Zwaigenbaum, 2008; Joseph, Tager-Flusberg, & Lord, 2002; Mayes & Calhoun, 2003). Le profil intellectuel aux échelles de Wechsler est donc atypique en autisme (voir Figure 3). Ce qui est retrouvé au niveau des différentes composantes du quotient intellectuel est une performance à l'*indice de raisonnement perceptif (QI performance)* dans la troisième version du test) significativement supérieure à la performance sur les trois autres indices (supérieure au *QI verbal* dans la troisième version du test), de même qu'une performance à l'*indice de vitesse de traitement de l'information (IVT)* du WISC-IV inférieure à celles des 3 autres indices (M. Dawson et al., 2007; Nader, Jelenic, & Soulières, 2015; Oliveras-Rentas, Kenworthy, Roberson, Martin, & Wallace, 2012). Ensuite, au niveau des sous-tests, on retrouve également des pics et des creux dans le profil. Les pics les plus souvent rapportés sont ceux aux sous-tests *blocs* (47%: Caron et al., 2006; 38%: Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012), *matrices* (52%: Nader et al., 2015; Oliveras-Rentas et al., 2012) et *concepts en image* (Mayes & Calhoun, 2008; Nader et al., 2015). De plus, lorsque des autistes sans retard de langage sont inclus, une force ressort également au sous-test *similitudes*, dans lequel la personne doit trouver et expliquer le lien conceptuel unissant deux mots (Mayes & Calhoun, 2008). Puis, un creux est souvent retrouvé au sous-test *compréhension* (Charman,

Jones, et al., 2011; M. Dawson et al., 2007; Oliveras-Rentas et al., 2012), de même qu'aux sous-tests *code* et *recherche de symboles* (les deux sous-tests composant *l'indice de vitesse de traitement de l'information*) (Mayes & Calhoun, 2008; Oliveras-Rentas et al., 2012). De tels écarts sont rares dans la population générale (Caron et al., 2006; Wechsler, 2003, 2008) et rendent complexe l'interprétation du résultat global obtenu par ces tests.

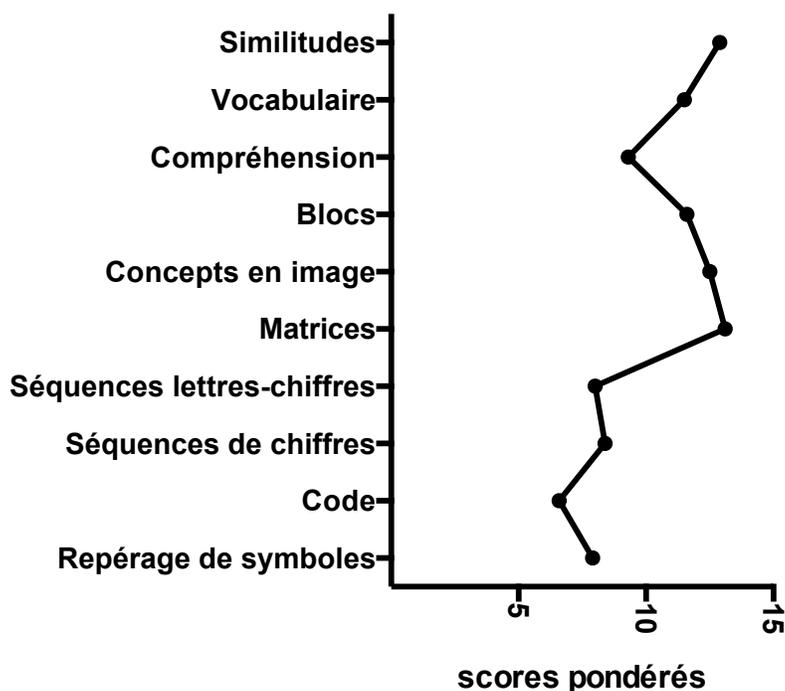


Figure 3. Profil cognitif au WISC-IV chez les enfants autistes. (Données tirées de : Mayes & Calhoun, 2008)

Intelligence et perception en autisme

Il est d'abord pertinent de mentionner que la perception a une importance capitale en autisme. Il a en effet maintes fois été démontré que les autistes présentent des forces perceptives dans plusieurs tâches et à travers plusieurs modalités. Or, peu d'études se sont

penchées sur les sens chimiques (odorat et goût) et il semblerait que les supériorités perceptives ne soient pas aussi claires dans ces modalités. Ainsi, dans la modalité olfactive la détection d'odeur a été démontrée comme similaire chez les autistes et les non autistes (Galle, Courchesne, Mottron, & Frasnelli, 2013; Suzuki, Critchley, Rowe, Howlin, & Murphy, 2014; Tavassoli & Baron-Cohen, 2012a), alors que l'identification d'odeurs est généralement rapportée comme étant inférieure (Bennetto, Kuschner, & Hyman, 2007; Galle et al., 2013; Suzuki et al., 2014; Wicker, Monfardini, & Royet, 2016). Quant à la modalité gustative, le seuil de détection de goûts a été rapporté comme similaire chez les autistes et les non-autistes (Bennetto et al., 2007), alors que l'identification serait inférieure (Bennetto et al., 2007; Tavassoli & Baron-Cohen, 2012b). Dans la modalité tactile, une supériorité a été démontrée dans la détection de vibrations (Blakemore et al., 2006; Cascio et al., 2008). Les modalités auditives et visuelles ont quant à elle été largement étudiées en autisme. Ainsi, dans la modalité visuelle, une supériorité dans les tâches de recherche visuelle (Joseph, Keehn, Connolly, Wolfe, & Horowitz, 2009; Kaldy, Kraper, Carter, & Blaser, 2011; Kemner, Van Ewijk, Van Engeland, & Hooge, 2008; M. O'Riordan & Plaisted, 2001; M. A. O'riordan, 2004; M. A. O'riordan, Plaisted, Driver, & Baron-Cohen, 2001; Plaisted, O'Riordan, & Baron-Cohen, 1998) et dans la tâche des figures cachées décrite plus haut (de Jonge, Kemner, & van Engeland, 2006; Edgin & Pennington, 2005; Falter, Plaisted, & Davis, 2008; Jarrold, Gilchrist, & Bender, 2005; Pellicano, Gibson, Maybery, Durkin, & Badcock, 2005; Ropar & Mitchell, 2001; Shah & Frith, 1983) ont maintes fois été répliquées. Il semble également y avoir une supériorité des autistes dans les tâches de rotation mentale (Falter et al., 2008; Hamilton, Brindley, & Frith, 2009; Soulières, Zeffiro, Girard, & Mottron, 2011) et dans les tâches de temps d'inspection visuelle (Barbeau et al., 2013; Scheuffgen, Happé, Anderson, & Frith,

2000). Finalement, dans la modalité auditive la discrimination de hauteurs sonores (Bonnell et al., 2010; Bonnell, Mottron, Peretz, Trudel, & Gallun, 2003; Heaton, Davis, & Happé, 2008; Heaton, Hudry, Ludlow, & Hill, 2008; Stanutz, Wapnick, & Burack, 2014), la mémoire des hauteurs sonores (Heaton, 2003) et des mélodies (Stanutz et al., 2014), de même que la détection des changements dans la mélodie (Mottron et al., 2000) ont été démontrées comme supérieures en autisme.

Comme mentionné précédemment, la perception joue un rôle important dans l'intelligence chez les neurotypiques. Cette association entre l'intelligence et la perception est également retrouvée chez les autistes (Meilleur, Berthiaume, Bertone, & Mottron, 2014), et est même possiblement plus importante que chez les non-autistes. En effet, tel que le stipule le modèle du surfonctionnement perceptif, la perception jouerait un rôle plus important dans le traitement de l'information en général en autisme et le surfonctionnement perceptif serait même à la base du développement des habiletés savantes retrouvées en autisme (Mottron et al., 2009; Mottron et al., 2006). De plus, tel que mentionné ci-haut, la méta-analyse de Samson et al. (2012) a démontré une plus grande activation des zones perceptives du cerveau dans une variété de tâches visuelles. Cette suractivation des zones visuelles a d'ailleurs été rapportée lors de la complétion des MPR, suggérant donc une plus grande implication des aires visuelles également dans des tâches de raisonnement plus complexes et pas seulement dans les tâches purement perceptives (Soulières et al., 2009).

Ensuite, tout comme chez les non-autistes, les chercheurs se sont penchés sur la tâche de temps d'inspection afin d'investiguer le lien entre l'intelligence et la perception chez les autistes. Dans cette tâche, la personne doit déterminer laquelle de deux lignes est la plus longue, puis on fait varier le temps de présentation pour déterminer le temps minimal d'exposition nécessaire à la détection d'une différence (Barbeau et al., 2013). Trois études ont été publiées sur le sujet. La première a démontré que les autistes sont plus rapides à une tâche de temps d'inspection que ce qui serait prédit par leur QI Wechsler. Ils performant en effet de manière similaire à des non-autistes ayant deux écarts-types de plus au QI (Scheuffgen et al., 2000). La deuxième étude obtient des résultats allant dans le même sens, c'est-à-dire que la performance des autistes à la tâche de temps d'inspection n'est pas corrélée à leur QI Wechsler, alors qu'elle l'est dans le groupe non-autiste (Wallace, Anderson, & Happé, 2009). Or, la troisième étude a amené un éclairage nouveau en faisant un appariement à l'aide des MPR en plus de l'appariement classique au Wechsler. Ainsi, les autistes sont encore une fois meilleurs que ce qui est prédit par leur QI Wechsler, et donc meilleurs que les non-autistes appariés au QI Wechsler. Par contre, cette différence disparaît lorsque l'appariement est fait sur les MPR plutôt qu'avec les échelles de Wechsler (Barbeau et al., 2013). Cette dernière étude suggère donc que 1) le temps d'inspection est corrélé à l'intelligence chez les autistes, tout comme chez les non-autistes et que 2) les MPR seraient possiblement un meilleur indicateur de l'intelligence chez les personnes autistes, puisque ce test est celui qui est corrélé aux tests perceptifs typiquement reconnus pour être corrélés à l'intelligence. D'autres études appuient ces deux conclusions. Il a par exemple été démontré que le *QI Performance* (QI non verbal de la troisième version des échelles de Wechsler), de même que la performance au sous-test *Blocs* du Wechsler sont des meilleurs prédicteurs de la performance à des tâches de rotation

mentale. Cette tâche n'est pas corrélée à l'intelligence chez les non-autistes, ce qui suggère une contribution différente des habiletés perceptives dans l'intelligence des autistes (Soulières et al., 2009). Puis, une étude de Stevenson et Gernsbacher (2013) a démontré que les autistes obtiennent des résultats similaires aux non-autistes dans différentes tâches cognitives informatisées où le niveau de raisonnement (concret - abstrait) et le domaine (numérique - verbal - spatial) variaient. Le seul type de raisonnement où les autistes obtenaient des résultats supérieurs aux non-autistes était le raisonnement spatial abstrait, suggérant donc que leur potentiel maximal serait obtenu dans des tâches requérant ce type de raisonnement, tel que les MPR. D'ailleurs, il a été démontré que la performance des autistes aux MPR se compare à leur performance dans les sous-tests du Wechsler où des pics d'habiletés sont retrouvés (Soulières, Dawson, et al., 2011), ce qui suggère également que les MPR seraient un meilleur indicateur du potentiel de raisonnement maximal des autistes.

Intelligence et phénotype autistique

En plus de ne pas être comparable au niveau de fonctionnement adaptatif, le niveau intellectuel des enfants autistes ne semble pas lié à l'ampleur de la symptomatologie. Ainsi, présenter plus ou moins de symptômes autistiques dans l'un ou l'autre des deux domaines d'anomalies (communication sociale et comportements stéréotypés/intérêts restreints) n'est pas indicateur des habiletés cognitives.

Ainsi, sur le plan de la communication sociale, bien que certaines études rapportent des corrélations entre des indicateurs de sévérité et différentes mesures d'intelligence, les liens

rapportés sont souvent circulaires. Par exemple, Swineford, Guthrie et Thurm (2015) ont démontré une corrélation négative entre les échelles de langage réceptif et langage expressif du MSEL et la sévérité des atteintes sur le plan de la communication, telle que mesurée par l'ADI-R, une entrevue structurée largement utilisée dans l'évaluation diagnostique auprès des enfants autistes (Lord et al., 1994). Or, la redondance dans les construits mesurés peut en partie expliquer la corrélation retrouvée. C'est d'ailleurs la seule sous-échelle de l'ADI-R qui corrèle avec des sous-échelles du MSEL (Swineford et al., 2015). Pour ce qui est de l'ADOS-G, un autre outil diagnostique largement utilisé en autisme (Lord et al., 2000), les mêmes auteurs ont calculé deux indices de sévérité en se basant sur les critères proposés par Gotham, Pickles et Lord (2009), l'indice «émotions sociales» (*social affect*) et l'indice de comportements stéréotypés et d'intérêts restreints (CSIR). Ils ont démontré que la sévérité des symptômes inclus dans l'indice de sévérité «émotions sociales» (*social affect*) est corrélée négativement à la performance au MSEL (Swineford et al., 2015). L'indice d'émotions sociales inclut, entre autres, les items de l'échelle de communication de l'ADOS-G. Ainsi, une explication similaire pourrait être à la base de la corrélation retrouvée, bien que dans ce cas il est peu probable que les habiletés de communication expliquent en totalité la variance commune aux deux mesures. Une autre étude s'est penchée sur le lien entre les symptômes du domaine de la communication sociale et l'intelligence telle que mesurée par le WISC-IV (Wechsler, 2003) et ont démontré une corrélation négative entre l'échelle de communication de l'ADOS-G et les sous-tests de *l'indice de compréhension verbale (ICV)* et de *l'indice de vitesse de traitement de l'information (IVT)* du Wechsler (Oliveras-Rentas et al., 2012). Dans la même étude, une corrélation est également retrouvée entre la mesure de réciprocité dans les interactions sociales de l'ADOS-G et les sous-tests *vocabulaire* et *compréhension*, deux sous-

tests évaluant les habiletés langagières dans le Wechsler. Aucun des autres sous-tests ne corrélait avec les symptômes mesurés à l'aide de l'ADOS-G (Oliveras-Rentas et al., 2012). Ainsi, les études rapportant des corrélations entre la présence de symptômes dans le domaine de la communication sociale et l'intelligence en autisme sont rares et la plupart des sous-tests des tests d'intelligence ne corrélaient pas avec la présence de plus ou moins de symptômes dans ce domaine. D'ailleurs, d'autres chercheurs ont démontré qu'aucune corrélation n'est retrouvée entre la performance aux échelles de Wechsler ou aux MPR et l'échelle de communication ou d'interaction sociale de l'ADI-R (Motttron et al., 2012). De même, il ne semble pas y avoir de corrélation entre l'âge des premiers mots et des premières phrases et la performance aux échelles de Wechsler (M. Dawson & Soulières, 2013). Puis, la présence d'écholalie et d'inversion pronominale en bas âge serait même corrélée positivement à la présence d'un pic d'habiletés au sous-test *blocs* du Wechsler (Forgeot d'Arc, Geoffray, Berthiaume, Caron, & Soulières, 2012).

Pour ce qui est du lien entre l'intelligence et la sévérité des symptômes dans le deuxième domaine d'atteinte; les CSIR, les études sont mitigées. Ce domaine inclut des symptômes aussi variés que des crispations des doigts, la rotation d'objets, des regards latéraux, des intérêts pour un sujet restreint (p.ex.: dinosaures, cartes routières, feux de circulation, lettres), de l'alignement d'objets, des répétitions de séquences d'actions, une détresse face aux changements dans la routine, etc. Ainsi, lorsque les comportements du deuxième domaine sont étudiés comme un tout homogène, il semble que plus la personne présente ce type de symptômes, plus il y a de chances qu'elle présente également une déficience intellectuelle (Gabriels, Cuccaro, Hill, Ivers, & Goldson, 2005; Goldman et al.,

2009; Harrop, McConachie, Emsley, Leadbitter, & Green, 2014; Troyb et al., 2016). Or, quelques études ne retrouvent pas ce lien (Boyd et al., 2010; Gabriels et al., 2008; S. H. Kim & Lord, 2010; Wolff et al., 2014). Puis, lorsque les CSIR sont étudiés de manière différenciée, il semble que certains soient reliés à un QI se situant dans la déficience intellectuelle alors que d'autres seraient plutôt reliés à un niveau intellectuel dans la norme. Ainsi, les comportements sensoriels et moteurs répétitifs et stéréotypés sont souvent reliés à un QI bas (Bishop, Richler, & Lord, 2006; Campbell et al., 1990; S. H. Kim & Lord, 2010; Lam, Bodfish, & Piven, 2008; Militerni, Bravaccio, Falco, Fico, & Palermo, 2002; Mooney, Gray, Tonge, Sweeney, & Taffe, 2009; Stronach & Wetherby, 2014; Szatmari et al., 2008) et persisteraient plus dans le temps chez les autistes ayant un QI dans la déficience intellectuelle (Esbensen, Seltzer, Lam, & Bodfish, 2009). Parmi les comportements sensoriels et moteurs répétitifs et stéréotypés, certains ont été étudiés de manière individuelle et ont également été reliés à un QI bas dans le SA. C'est le cas des mouvements du tronc (*rocking*) et de la tête (*head banging*) (Goldman et al., 2009), des maniérismes des mains et des doigts (Bishop et al., 2006; S. H. Kim & Lord, 2010) et des comportements d'automutilation (Bishop et al., 2006; Militerni et al., 2002; Poustka & Lisch, 1993). Ensuite, les séquences motrices complexes (Militerni et al., 2002), les rituels (Bartak & Rutter, 1976) et le langage stéréotypé (S. H. Kim & Lord, 2010; Militerni et al., 2002) semblent reliés à un QI dans la norme. Quant aux intérêts restreints, leur présence n'est parfois pas associée au niveau intellectuel de la personne (Lam et al., 2008) et d'autres fois associée à un QI dans la norme (Bishop et al., 2006). Finalement, les comportements d'insistance sur la similitude (*insistence on sameness*) sont parfois rapportés comme reliés à la DI chez les autistes (Bartak & Rutter, 1976; Gabriels et al., 2005), parfois comme reliés à un QI dans la norme (Mooney et al., 2009) et parfois comme non reliés au niveau intellectuel

(Lam et al., 2008; Militerni et al., 2002). De manière intéressante, il a été rapporté que ces liens parfois positifs entre certains CSIR et l'intelligence seraient propres à l'autisme et ne seraient donc pas retrouvés chez les enfants ayant un retard de développement, mais pas d'autisme (S. H. Kim & Lord, 2010; Mooney et al., 2009).

La grande variabilité entre les résultats des différentes études s'étant penchées sur le lien entre les CSIR et l'intelligence en autisme peut être expliquée par différents facteurs. Premièrement, même lorsqu'ils sont étudiés de manière différenciée et non comme un tout homogène, les CSIR sont regroupés en différentes catégories. Or, les CSIR inclus ou non dans ces catégories peuvent différer d'une étude à l'autre et ne pas avoir le même lien avec l'intelligence. Par exemple, les objets/champs d'intérêt qui sont rapportés en autisme sont très variés, pouvant aller des boutons d'ascenseurs aux lettres de l'alphabet. La présence d'un intérêt marqué pour les lettres est souvent liée au développement de l'hyperlexie chez les enfants autistes, c'est-à-dire au développement d'une capacité de lecture qui est bien au-delà de leur niveau développemental et qui excède même souvent les capacités de lecture des autres enfants du même âge (Grigorenko, Klin, & Volkmar, 2003). Puis, la présence d'hyperlexie est liée à un bon pronostic sur le plan intellectuel, entre autres (Newman et al., 2007), ce qui n'est pas nécessairement le cas pour d'autres intérêts restreints.

Deuxièmement, lorsqu'il est question d'intelligence dans les études susmentionnées, il est important de considérer que les évaluations intellectuelles ont été faites de manières très hétérogènes. La différence de résultats entre les études peut donc également être expliquée par

cette caractéristique. Par exemple, Bishop et al. (2006) ont utilisé le Differential Ability Scales pour 30% de leur échantillon, les MSEL pour 51%, le Merrill-Palmer Scales of Mental Tests (Stutsman, 1931) pour 6%, les MPR pour 5%, les échelles de Wechsler pour enfants (WISC-III) pour 4%, les échelles de Wechsler pour les enfants d'âge préscolaire (WPPSI-III) pour 3% et le Leiter-R pour 1 % de leur échantillon. Puis, le QI non-verbal était incomplet pour 3 % de l'échantillon et a donc été estimé à partir des sous-tests complétés (Bishop et al., 2006). Militerni et al. (2002) ont quant à eux tenté d'obtenir un QI global à l'aide du Griffiths (Griffiths, 1976) pour les 75 participants âgés de 2,4 à 4,1 ans et à l'aide du WISC-III pour les participants âgés de 7,2 à 11,4 ans. Gabriels et al. (2005), de même que Szatmari et al. (2008) ont plutôt utilisé le Leiter-R pour l'ensemble de leur échantillon alors que plusieurs autres ont utilisé les MSEL étant donné le jeune âge des participants (Harrop et al., 2014; S. H. Kim & Lord, 2010; Stronach & Wetherby, 2014; Wolff et al., 2014).

Troisièmement, la manière de documenter les CSIR est variable d'une étude à l'autre. Certains utilisent directement la partie des outils diagnostiques destinée à investiguer les CSIR chez la personne afin de poser ou non un diagnostic de SA (p.ex. Bishop et al., 2011; S. H. Kim & Lord, 2010; Oliveras-Rentas et al., 2012). D'autres utilisent différents questionnaires (p.ex. Bodfish, Symons, Parker, & Lewis, 2000; Militerni et al., 2002; Wolff et al., 2014) ou encore l'observation via des enregistrements vidéos de jeu libre (Boyd et al., 2010; Harrop et al., 2014; Militerni et al., 2002). Cette variabilité dans la méthodologie a donc probablement également un impact sur les CSIR qui sont mesurés.

Outre l'association potentielle de certains CSIR à l'intelligence, il a été suggéré que les CSIR ont une fonction adaptative (Doneddu et al., 2011; Evans & Gray, 2000; Lidstone et al., 2014; Mottron, Mineau, Martel, St-Charles Bernier, et al., 2007). D'ailleurs, on retrouve des comportements compulsifs et l'adhérence à des rituels dans le développement typique. Il a donc été suggéré que ce type de comportements a probablement une valeur adaptative dans le développement typique et pourrait par exemple aider l'enfant à s'adapter à l'environnement changeant, à apprendre à l'aide de la répétition, à se sentir en contrôle de sa vie, etc. (Evans & Gray, 2000). Puis, les intérêts restreints ont également été liés à l'apprentissage et au développement d'habiletés diverses (Chi, Hutchinson, & Robin, 1989; Renninger, Hidi, & Krapp, 2014). En autisme, il a été suggéré que les CSIR servent également une fonction. Il a par exemple été suggéré que les regards latéraux constituent en fait une façon pour les autistes de moduler l'information perceptive afin d'optimiser le traitement visuel d'un objet (Mottron, Mineau, Martel, St-Charles Bernier, et al., 2007). Les CSIR semblent avoir une fonction, souvent liée à la régulation d'hyper ou d'hypo sensibilité, et constitueraient donc une façon pour les personnes autistes de composer avec les demandes de l'environnement et avec un traitement de l'information différent (Lidstone et al., 2014). D'ailleurs, bien que les interventions auprès des personnes autistes visent souvent à diminuer ou éliminer ce type de comportements, il est démontré que la prévention et la punition des comportements répétitifs peuvent mener à des affects négatifs et à de l'anxiété qui à leur tour entraîneront plus de symptômes néfastes comme d'autres comportements répétitifs, des problèmes de comportement et une qualité de vie réduite (Wood & Gadow, 2010). L'automutilation en autisme a d'ailleurs été interprétée comme un comportement apparaissant le plus souvent de manière réactive (Militeri et al., 2002).

Mesures alternatives de l'intelligence et indicateurs précoces

Étant donné le lien entre l'intelligence et les habiletés perceptives, l'évaluation de ces dernières pourrait être un premier indicateur du potentiel de raisonnement de l'enfant. Le lien entre l'intelligence et la perception n'a pas encore été démontré à tous les âges en autisme, mais la supériorité dans ce type de tâche semble apparaître dès la petite enfance (Kaldy et al., 2011). Pour arriver à évaluer ces enfants, il faut utiliser des tâches qu'ils sont portés à accomplir de manière spontanée et pour lesquelles ils présentent des forces. Ainsi, en plus de constituer des tâches pour lesquelles les autistes présentent des supériorités, l'utilisation de tâches perceptives en bas âge présente des avantages notables comparativement aux tests d'intelligence traditionnels. Ces tâches sont en effet moins longues, plus simples à administrer et plus attrayantes pour les enfants. En effet, alors qu'il est ardu d'obtenir un score de QI, même non-verbal, auprès d'enfants autistes (Akshoomoff, 2006; Bishop et al., 2006), des tâches perceptives ont pu être utilisées avec succès auprès de cette population (Jarrod et al., 2005; Kaldy et al., 2011; M. A. O'riordan et al., 2001; Shah & Frith, 1983). Les caractéristiques inhérentes à certaines tâches perceptives semblent ainsi permettre un gain important en ce qui concerne la testabilité comparativement aux tests cognitifs traditionnellement utilisés.

Ensuite, le lien entre certains CSIR et l'intelligence nous permet également de considérer ces comportements comme une voie possible d'appréciation du potentiel de raisonnement des enfants autistes. Les CSIR ont l'avantage d'être présents et observables dès l'âge du diagnostic. De plus, leur observation ne nécessite pas l'administration d'un test, ce qui

est en soi un avantage considérable compte tenu de la difficulté d'évaluer les enfants d'âge préscolaire à l'aide de tests standardisés.

Objectifs et hypothèses de recherche

L'objectif principal de la présente thèse est d'identifier des indicateurs perceptifs et comportementaux du fonctionnement intellectuel chez les autistes pouvant être documentés à tout âge et pour tous les niveaux de fonctionnement. Plus particulièrement, le but est de déterminer si certains indices observables ou mesurables en bas âge peuvent être informatifs du niveau intellectuel des enfants autistes. Puis, bien que cela dépasse la portée de la présente thèse, l'objectif est qu'une meilleure estimation du potentiel permette la mise en place d'interventions adaptées au potentiel de l'enfant.

Ainsi, le premier volet portera sur les **indicateurs perceptifs** de l'intelligence dans une population d'enfants autistes **d'âge scolaire** considérés comme de **bas niveau de fonctionnement**. Dans ce premier article, des enfants non verbaux ou minimalement verbaux seront recrutés dans une école spécialisée et ils complèteront des tâches perceptives et une évaluation cognitive.

Le premier objectif de l'article 1 sera donc de déterminer si certains tests d'intelligence se prêtent plus à l'évaluation des enfants autistes considérés comme ayant un bas niveau de fonctionnement. L'hypothèse posée est qu'à l'aide de tests plus adaptés à leur style cognitif, il

sera non seulement possible d'évaluer la majorité des enfants, mais que plusieurs obtiendront des résultats qui les placent au-delà de ce qui serait attendu en fonction de leur performance aux tests traditionnels (qui se situe souvent au plancher étant donné l'impossibilité d'administrer le test).

Le deuxième objectif de l'article 1 sera de déterminer si des tests perceptifs sont administrables auprès de cette population d'enfants autistes et permettent ainsi un gain en testabilité. L'hypothèse relative à cet objectif est qu'il sera possible d'évaluer la majorité des enfants à l'aide de tâches perceptives pour lesquelles les autistes présentent une supériorité, alors qu'il ne sera pas possible de les évaluer à l'aide des tests traditionnels.

Le troisième et dernier objectif de l'article 1 sera de vérifier l'association entre les habiletés perceptives et l'intelligence chez les autistes considérés de bas niveau de fonctionnement. Cette association a en effet été démontrée chez les autistes ayant un niveau de fonctionnement dans la norme ou supérieur, mais n'a jamais été investiguée dans la population à l'étude dans l'article 1. L'hypothèse liée à cet objectif est que l'association entre la performance aux tâches perceptives et aux tests d'intelligence sera également retrouvée au sein de cette partie de la population autiste.

Le deuxième volet de la thèse portera sur l'investigation du **profil intellectuel** et sur les **indicateurs perceptifs** de l'intelligence autistique et ces derniers seront investigués chez des enfants autistes **d'âge préscolaire de tous les niveaux de fonctionnement**. Pour ce deuxième

article, les enfants seront recrutés au sein de la clinique d'évaluation de l'Hôpital Rivière-des-Prairies et il n'y aura aucun critère d'exclusion quant au niveau de fonctionnement. Les participants de cette deuxième étude seront évalués à l'aide d'une échelle de développement, de tâches perceptives et de différents tests d'intelligence étant normés pour ce groupe d'âge.

Le premier objectif du deuxième article sera d'investiguer les écarts entre les différents tests d'intelligence dans cette population de jeunes autistes. Les écarts entre certains tests d'intelligence ont été largement documentés en autisme, mais très peu chez les autistes d'âge préscolaire. L'hypothèse reliée à cet objectif est que des écarts significatifs seront observés entre les différents tests d'intelligence dans cet échantillon d'enfants autistes d'âge préscolaire. Plus particulièrement, l'hypothèse émise est que la performance aux tests d'intelligence traditionnels sera significativement plus basse que celle aux tests plus adaptés au style cognitif autiste.

Le deuxième objectif de l'article 2 sera de déterminer si une supériorité dans les tâches perceptives est retrouvée chez les autistes d'âge préscolaire. L'hypothèse est qu'une supériorité sera apparente lorsque les enfants autistes seront comparés à des enfants suivant un développement typique appariés au niveau du quotient intellectuel.

Le troisième et dernier objectif de l'article 2 sera d'investiguer le lien entre les habiletés perceptives et l'intelligence à l'âge préscolaire. L'hypothèse liée à cet objectif est qu'une

corrélation positive sera retrouvée entre les habiletés perceptives et les résultats aux tests d'intelligence.

Enfin, le dernier volet de la thèse portera sur les **indicateurs comportementaux de l'intelligence**. Cette portion est exploratoire et visera à documenter le lien entre certains CSIR et l'intelligence. Étant donné le caractère exploratoire de cet objectif, il ne sera pas inclus dans les articles de la thèse. L'hypothèse liée à cet objectif est que certains CSIR ayant une composante perceptive (les explorations visuelles atypiques et plus particulièrement les regards latéraux, l'alignement d'objets, le regroupement d'objets selon leurs aspects perceptifs (forme, couleur, etc.) et l'intérêt pour les lettres) seront corrélés avec la performance aux tests d'intelligence.

Chapitre 2 : Autistic children at risk of being underestimated: school-based pilot study of a strength-informed assessment

Autistic children at risk of being underestimated: school-based pilot study of a strength-informed assessment

Valérie Courchesne¹, Andrée-Anne S Meilleur¹, Marie-Pier Poulin-Lord¹,
Michelle Dawson¹, Isabelle Soulières^{1,2}

¹ Rivière-des-prairies Hospital, Centre d'Excellence en Troubles Envahissants du Développement de l'Université de Montréal (CETEDUM), 7070 boulevard Perras, Montréal, QC H1E 1A4, Canada

² Psychology Department, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888 succursale Centre-ville Montréal H3C 3P8, Canada

Publié :

Courchesne, V., Meilleur, A.-A. S., Poulin-Lord, M.-P., Dawson, M., & Soulières, I. (2015). Autistic children at risk of being underestimated: school-based pilot study of a strength-informed assessment. Molecular autism, 6(1), 12. doi: 10.1186/s13229-015-0006-3.

Prix et mentions reçus pour cet article:

- *Prix Guy Bégin de la Société québécoise pour la recherche en psychologie, récompensant le meilleur article en psychologie clinique dont le 1^{er} auteur est un étudiant.*
- *Prix étudiant-chercheur étoile Février 2015 du FRQS*
- *Mention de «highly accessed» sur Biomed Central*

Couverture médiatique de cet article:

- *Communiqué de presse. Site web de l'USMM et de l'Hôpital Rivière-des-Prairies*
- *Commentaire sur le site web de SFARI, section News&Opinion, couvrant les articles les plus influents du domaine*

Abstract

Background

An important minority of school-aged autistic children, often characterized as ‘nonverbal’ or ‘minimally verbal,’ displays little or no spoken language. These children are at risk of being judged ‘low-functioning’ or ‘untestable’ via conventional cognitive testing practices. One neglected avenue for assessing autistic children so situated is to engage current knowledge of autistic cognitive strengths. Our aim was thus to pilot a strength-informed assessment of autistic children whose poor performance on conventional instruments suggests their cognitive potential is very limited.

Methods

Thirty autistic children (6 to 12 years) with little or no spoken language, attending specialized schools for autistic children with the highest levels of impairment, were assessed using Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV), Raven’s Colored Progressive Matrices board form (RCPM), Children’s Embedded Figures Test (CEFT), and a visual search task. An age-matched control group of 27 typical children was also assessed.

Results

None of the autistic children could complete WISC-IV; only six completed any subtest. In contrast, 26 autistic children could complete RCPM, with 17 scoring between the 5th and 90th percentile. Twenty-seven autistic children completed the visual search task, while 26 completed CEFT, on which autistic children were faster than RCPM-matched typical children. Autistic performance on RCPM, CEFT, and visual search were correlated.

Conclusion

These results indicate that ‘minimally verbal’ or ‘nonverbal’ school-aged autistic children may be at risk of being underestimated: they may be wrongly regarded as having little cognitive potential. Our findings support the usefulness of strength-informed approaches to autism and have important implications for the assessment and education of autistic children.

Keywords

Autism, Assessment, Intelligence, Perception, Cognition

Background

Autistic children who reach school age with little or no spoken language, and thus acquire labels such as ‘nonverbal’ or ‘minimally verbal,’ have recently attracted concern as a neglected subgroup in autism research [1]. Many such children are judged ‘low-functioning’ or ‘untestable’ through conventional assessments of cognitive abilities, on which they may not achieve even a basal score. Therefore, their potential is estimated to be extremely limited. At a time when very early development dominates autism research priorities [2,3] and is widely claimed to be determinative, the difficulties faced by autistic children so situated raise important concerns. Not only are they likely to be regarded and treated as though very low-functioning, they are in addition considered far too old for popular interventions to improve their outcomes [4]. The possibility that the cognitive potential of some, many, or most of these autistic children is at risk of being underestimated thus merits attention.

Current expert opinion recommendations for assessing minimally verbal school-aged autistic children emphasize ‘core domains’ (language, social behaviors, repetitive behaviors), typicality (in development and range of abilities), and comprehensiveness [5]. However, this kind of assessment may not be practical due to limited resources, and further, may not alleviate the risk of being underestimated faced by children whose developmental paths and range of abilities are highly atypical. Indeed, many minimally verbal autistic children are characterized by marked atypicality and existing findings suggest they may be disadvantaged by tests which require typicality, such as commonly used Wechsler-type intelligence tests and Vineland-type adaptive or developmental tests [6,7]. Even tests considered ‘well-suited for use

with minimally verbal children' ([5]; Tables 1 to 6), such as picture vocabulary tests, may require specific typical abilities, such as the ability to reliably point, which some or many nonspeaking autistic children may lack [8].

An overlooked approach, in the alternative, is to engage current knowledge of autistics' atypical cognitive strengths ([9], for a review) when assessing the potential of older autistic children who speak very little or not at all. This resembles approaches to other disabilities (e.g., blindness) where skills and abilities may present in highly atypical spontaneous and learned forms (e.g., echolocation, braille reading, rapid speech recognition; [10-12]), and where adherence to conventional assessments of cognitive abilities would have major detrimental consequences. Our aim was therefore to pilot a strength-informed assessment for minimally verbal school-aged autistic children who are 'untestable' or perform poorly in conventional assessments.

Because this is a novel approach, and respecting the problem of limited resources in many school-based settings, we chose as priority a small number of easily administered tests for this pilot study. The first test is Raven's Progressive Matrices, an important test of general and fluid intelligence [13] on which autistics have displayed an advantage over Wechsler scales of intelligence that is not found in the non-autistic population [6,7,14-16]. All versions of Raven's Matrices are relatively rapid and simple to administer, a priority in contexts with limited resources. We chose to use the board form of Raven's Colored Progressive Matrices (RCPM; [17]), given the age of the population to be tested (6 to 12 years) and our objective to assess autistic children who are conventionally difficult to test or untestable. While all Raven versions minimize both the need for instructions and demands for specific abilities (e.g.,

typical language comprehension or production), RCPM board form enhances this Raven feature and, further, eliminates any requirement to point. There is preliminary evidence [18] that an improvised board or ‘puzzle’ form of RCPM, while equivalent to the on-paper version in typical children, produces both better scores and a higher completion rate in school-aged autistic children labeled with severe intellectual disability. A published large data set including RCPM board form scores for 256 autistic children aged 7 to 11 years [19] also suggests this test belongs in a strength-informed assessment for minimally verbal autistic children in this age range.

We chose visual search [20,21] and embedded figures [22-24] tasks as the second and third tests in the pilot assessment. For both kinds of tasks, which are relatively simple to administer, there are numerous reported replications of superior autistic performance [25]. As with RCPM board form, both visual search and embedded figures tasks minimize or eliminate the need for instructions, for typical language comprehension and production, and for pointing. Both tasks are considered perceptual, which respects the documented association between perception and intelligence especially prominent in autistics, but also found in the non-autistic population [15,16,26,27].

Accordingly, the aim of the present study was to reassess the cognitive potential of minimally verbal school-aged autistic children who present with a high level of impairment and are conventionally labeled as ‘low-functioning’. To do so, we piloted a simple three-part assessment better suited to autistic cognition. The results of this proposed strength-informed assessment were compared to conventional testing on Wechsler scales of intelligence and, where available, to previously recorded test results for the reassessed autistic children. Their

results were also compared to an age-matched group of typical children who were similarly tested.

Methods

Participants

Autistic participants were recruited in two Montreal-area specialized public schools for autism spectrum disorders and exceptional needs. Children in both schools had all failed to be integrated in regular or other specialized schools; they were regarded as ‘low-functioning’ and as having important deficits in adaptive behaviors. All families of children aged from 6 to 12 years and with an autism spectrum diagnosis (39 children) in both schools were approached for their child’s participation in this study. Written informed consent to participate was given for 30 autistic children (77%). A review of the 30 participants’ files indicated an autism diagnosis based on Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS; [28]) for six participants; combined ADOS and Autism Diagnostic Interview Revised (ADI-R; [29]) for 12 participants; Childhood Autism Rating Scale (CARS; [30]) for two participants; and DSM-IV and expert clinician opinion for ten participants.

Autistic participants’ spoken expressive language levels, as documented by an interview with the participant’s speech therapist, were distributed as follows: 12 children with no meaningful words, ten children with isolated meaningful words, and eight children with fewer than five two-word phrases (as defined in the ADI-R: must include a verb, e.g. ‘want juice,’ and must not be considered echolalia). It was also noted throughout the study that many of the autistic participants could not point.

A comparison group of 27 typically developing non-autistic children matched on age and gender was recruited in an elementary school serving children from comparable socioeconomic status. Comparison participants and their first-degree relatives were screened through a semi-structured interview conducted with the parents for history of developmental, neurological, or psychiatric conditions. This procedure led to the exclusion of three children from a total sample of 30 children (one presenting with epilepsy, one having a language disorder, and one having a possible attention deficit disorder). Sociodemographic characteristics of the participants are presented in Table 1. This study was approved by the ethics committee of Riviere-des-Prairies Hospital in Montreal and the school boards of the three participating schools.

Table 1. Sociodemographic characteristics of participants

| | Autistics | Controls | p |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| N | 30 | 27 | - |
| Age in years | M = 9.36, range 6 to 12 | M = 9.08, range 6 to 12 | 0.54 |
| Gender | M = 21, F = 9 | M = 20, F = 7 | - |
| FSIQ | Non-evaluable | M = 96.69 (SD = 12.99) | - |

Note. FSIQ, Full Scale Intelligence Quotient.

General procedure

Autistic children were individually tested in a familiar room located in their school, by one of four examiners with two or more years of clinical experience working with autistic children. Eight autistic children were evaluated in their classroom in order to diminish any anxiety caused by routine modification. In order to obtain the child's optimal performance, session duration was adjusted to each child after consulting his teacher. The number of

sessions required for completing the testing varied from one to six ($M = 3.8$; $SD = 1.45$), and their duration ranged from 15 to 25 minutes. When necessary, an educator familiar to the child was present. Also when necessary, to avoid disruptions to entrenched routines, autistic children were reinforced as usual by their educator (for correct responses in practice trials; for any response in test trials). However, it should be noted that while autistic children were assumed to be dependent on reinforcers in their education programs, they often ignored or refused offered reinforcers while being tested.

Non-autistic children were similarly tested in their school, by the same examiners and with the length of each evaluation session (usually two per child) adapted to the attention capacities of each child. For all children, the four tests were administered in a counterbalanced order.

Conventional assessment

Wechsler Intelligence Scale for Children, Fourth Edition

In common with all Wechsler scales of intelligence, WISC-IV [31] estimates general intelligence and its components (in WISC-IV, these are verbal comprehension, perceptual reasoning, processing speed, working memory) through a battery of subtests assessing specific skills which are thought to reflect latent abilities. All WISC-IV subtests that do not require a verbal response (i.e., block design, matrix reasoning, picture concepts, coding, and symbol search) were attempted with the autistic children. All subtests included in WISC-IV Full Scale IQ (block design, similarities, digit span, matrix reasoning, coding, vocabulary, letter-number sequencing, picture concepts, symbol search, and comprehension) were administered to the non-autistic children.

Leiter-R

Leiter-R is a nonverbal intelligence test designed to assess children with language difficulties. Seven of the autistic children had previously completed the Leiter-R Visualization and Reasoning Battery [32], which had been administered by a school psychologist; these scores were collected as available.

Strength-informed assessment

Raven's Colored Progressive Matrices board form

RCPM board form [33] is a one-format 36-item test divided into three sets of 12 items (A, Ab, B) which increase in difficulty and complexity within and across sets. Each item is composed of a pattern or a two-by-two matrix with the last piece missing, leaving an empty hole or space in the board. There are six movable pieces underneath, among which the one that best completes the matrix must be chosen to fill the empty space. Sets A and B of RCPM are the same as sets A and B from Raven's Standard Progressive Matrices [17].

The first problem was presented to the child without oral instructions. The examiner simply pointed to the empty space in the matrix. If the child did not understand the task (e.g., stacking the pieces, or trying the entire series of pieces without choosing one), he was trained until he understood the task, which was made evident by the production of a correct or incorrect placement of a single piece in the empty space.

This training began by presenting a completed 12-piece wooden jigsaw puzzle to the child. The examiner then removed a piece of the puzzle in front of the child and prompted him to put it back in the corresponding empty space with a gesture alternately showing the empty

space and the corresponding removed piece. All children who required training understood this first step. The examiner then removed a piece of the puzzle and placed it with two incorrect pieces belonging to a different puzzle. Then, if necessary, the child was once again prompted to select the one correct piece among these three pieces, and place it in its corresponding empty space. Several trials with three different alternative puzzles were completed, until the child consistently chose the correct piece. Lastly, practice trials were conducted using six homemade matrices similar to the easiest RCPM items.

Visual Search

In visual search tasks, a predetermined target must be found within a field of distracters. The test used here was an adapted cardboard form of the computerized version in O’Riordan, Plaisted, Driver, and Baron-Cohen [34]. Three different letters were successively used as targets in three set sizes (5, 15, or 25 distracters). In the feature condition, the target letter had nothing in common with the distracters (different color and shape). In the conjunction condition, the target shared one feature with each of the distracters (either shape or color). There were six trials for each set size (5, 15, or 25 distracters) and condition (feature or conjunction) for a total of 36 trials presented in random order. The target and distracters were created in Calibri font size 115 (approximately 1.8×2.7 cm). Targets were printed on a 3×2.4 cm cardboard and distracters were presented on a 28×21.5 cm plasticized sheet (see Figure 1).

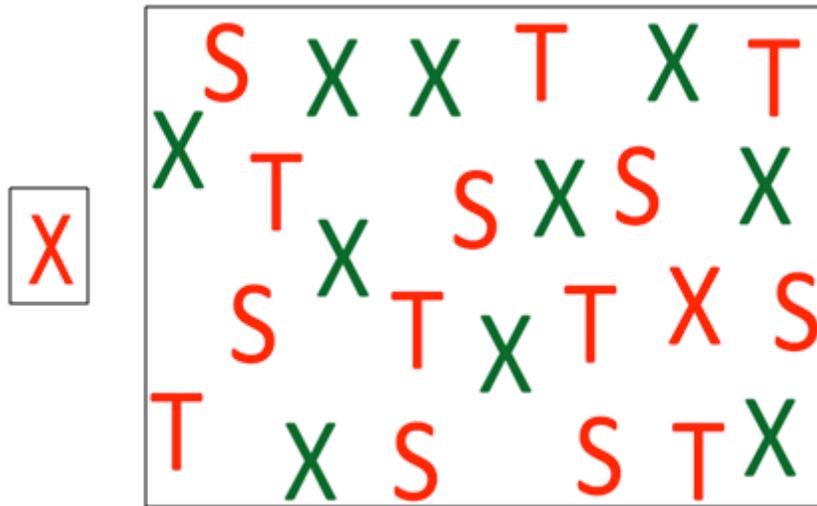


Figure 1. Example of visual search test trial. Conjunctive search with 25 distracters; the target figure given to the child is on the left

Testing began by giving the cardboard target to the child. Then a sheet showing the target among the distracters was placed in front of him. Four easy practice trials with only one or two distracters initiated the testing. Time taken to place the cardboard letter on the corresponding target letter was manually recorded.

Children’s Embedded Figure Test (CEFT)

The Children’s Embedded Figure Test (CEFT; [35]) consists of finding a target figure ‘hidden’ by its embedding in a larger meaningful pattern. There are 14 practice trials and 25 test trials (see Figure 2). The target was first given to the child and then the display was placed in front of him. A gesture toward the correct answer was used as a prompt in the practice trials when necessary. The number of targets found and the time to the correct placement of the cardboard figure on the target were manually recorded. The instruction not to turn the target figure, which is normally given to the child prior to administration, was removed for all participants. This decision was made because the autistic children could not understand this

instruction. Indeed, many of the autistic children strategically turned the target in order to find it hiding within the larger pattern, showing spontaneous understanding of the disembedding task demand.

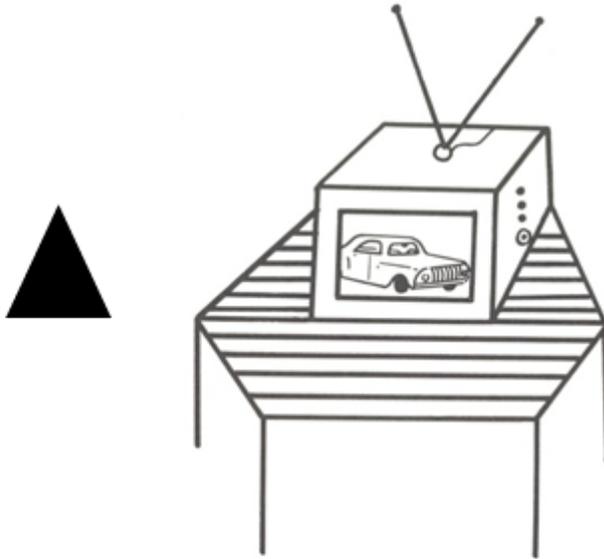


Figure 2. Example of a trial in the CEFT. The target figure given to the child is on the left.

Results

Conventional testing

WISC-IV

Only six autistic children could complete any WISC-IV subtest. One autistic child completed four subtests (block design, picture concepts, matrix reasoning, coding), with scaled scores ranging from 1 to 10, and a Perceptual Reasoning Index standard score of 66. Three autistic children completed two subtests (block design and matrix reasoning) with scaled scores ranging from 1 to 15—this high score on block design; and two autistic children completed only one subtest, matrix reasoning, with scaled scores of 11 and 12. Thus, the

WISC-IV subtest completed by the highest number of autistic children was matrix reasoning, but it was completed by only six children or 20 % of the sample. Only one autistic child, or 3.3 % of the sample, was able to achieve a WISC-IV index score, and this score was below 70. For details of WISC-IV scores for the autistic children, see Table 2.

Table 2. Age and scores of nine autistic participants able to complete any WISC-IV subtest, or Leiter-R.

| Participant | Age | Block design | Matrix reasoning | Picture concepts | Coding | PRI | Leiter-R (standard; pc) | RCPM (raw; pc) |
|-------------|------|--------------|------------------|------------------|--------|-----|-------------------------|----------------|
| 1 | 10:3 | 10 | 3 | 1 | 3 | 66 | 79; 8 | 29; 63 |
| 2 | 9:2 | 8 | 7 | - | - | - | 93; 32 | 31; 83 |
| 3 | 7:2 | 15 | 10 | - | - | - | - | 27; 90 |
| 4 | 10:4 | 5 | 1 | - | - | - | 61; 0.5 | 22; 19 |
| 5 | 7:6 | - | 11 | - | - | - | 84; 14 | 29; 90 |
| 6 | 9:3 | - | 12 | - | - | - | - | 32; 83 |
| 7 | 9:5 | - | - | - | - | - | 69; 2 | 8; <5 |
| 8 | 8:8 | - | - | - | - | - | 56; 0.2 | 13; 7 |
| 9 | 11:2 | - | - | - | - | - | 45; 0.01 | 16; <5 |

Note. Age is years:months. Standardized WISC-IV subtest ($M = 10$; $SD = 3$) and PRI ($M = 100$; $SD = 15$) scores were obtained using Canadian norms. Leiter-R (Visualization and Reasoning Battery) scores ($M = 100$; $SD = 15$; percentiles) were obtained using American norms. PRI, Perceptual Reasoning Index; RCPM, Raven’s Colored Progressive Matrices; pc, percentile.

All 27 non-autistic comparison children completed all WISC-IV subtests; as recorded in Table 1, their mean full-scale IQ was 96.69 ($SD = 12.99$).

Leiter-Revised

Leiter-R scores for the Visualization and Reasoning Battery were available for seven autistic participants, or 23 % of the sample. The test had been administered by one of the school psychologists within the year prior to the present study. Standard scores ranged from

45 to 93; the three children with standard scores higher than 70 achieved higher RCPM than Leiter-R percentile scores. For details, see Table 2, and for further comparison with and relation to RCPM scores, see below.

Strength-informed Assessment

Twenty-seven of the 30 autistic children could complete at least two of the three tests in the strength-informed assessment, and 25 of 30 could perform all three tests. Three autistic children (two boys and one girl, aged 6:0, 7:1, and 11:3, respectively) could not be tested due to apparent anxiety or other indications of distress or difficulty.

RCPM board form

We obtained scores for 26 of 30 autistic participants, or 87 % of the sample. Scores ranged from the 2nd percentile (estimated; see [17]) to the 90th percentile, with an $N = 26$ group percentile of 13, which corresponds to a mean IQ of approximately 83. Seventeen (65 %) of the 26 children with RCPM scores performed in the normal range, that is, at or above the 5th percentile, or an estimated IQ of 75 or higher. Eight autistic children (31 % of those with scores) performed at or above the 50th percentile, and three were at the 90th percentile (see Figure 3). For the 26 tested autistic children, mean raw score (out of 36) was 18.61 ($SD = 8.00$, range 8 to 32).

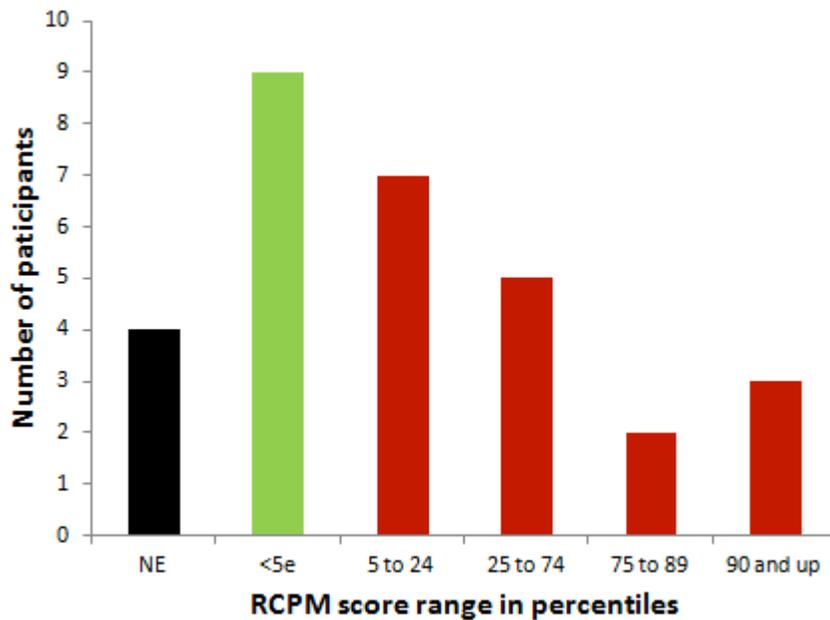


Figure 3. RCPM percentile score range distribution for the 30 autistic participants. NE = Non-evaluable

Using ANOVA, we found that the autistic children’s RCPM performance differed according to their reported spoken language level ($F(2, 23) = 6.96, p < 0.005$). Post hoc comparisons using Tukey showed that autistic children using two-word phrases performed better on RCPM (raw score $M = 25/36; SD = 8.49$) than those using no words at all ($M = 12.75/36; SD = 3.73$). Those using isolated words ($M = 18.2/36; SD = 6.63$) did not differ significantly from the two other groups ($p > 0.10$). There was no age difference between the language level groups ($p = 0.18$). Nonparametric analyses using percentiles were also carried out and led to similar results.

For the seven autistic children with Leiter-R Visualization and Reasoning Battery percentile scores (see Table 2), these were significantly lower ($Md = 2$) than their RCPM

percentile scores ($Md = 19$)($z = -2.2, p < 0.05$), with a large effect size ($r = 0.59$). However, performance on the two tests was strongly correlated (Spearman's rank correlation; $r = 0.82, p < 0.05$).

The non-autistic comparison children obtained RCPM scores ranging from the 22nd to the 98th percentile, with a group percentile of 63, which corresponds to a mean IQ of approximately 105. Their mean raw score was 28.5/36 ($SD = 4.4$; range 21 to 36).

Visual Search

Twenty-seven of the 30 autistic children completed the visual search task without requiring any prompting or explanation. Most autistic participants completed the task without seeking or accepting their usual reinforcement and without showing any behavior indicating fatigue or boredom (getting up to leave the room, putting their head on the table, pushing the material away, and so on). Interestingly, it was observed by their educators that some autistic children were able to concentrate on this task longer than on any other activity in their usual school schedule.

Both autistic and non-autistic groups performed at ceiling in number of targets found. A Group \times Condition (feature vs conjunction) \times Set size (5, 15, or 25) ANOVA on response time revealed a main effect of group, $F(1, 51) = 15.59, p < 0.0005$, with autistic children showing slower response time ($M = 2.56$ seconds; $SD = 1.3$) than non-autistic children ($M = 1.49$ seconds; $SD = 0.52$). There was also a main effect of condition, $F(1, 51) = 42.77, p < 0.0005$, and a main effect of set size $F(2, 50) = 42.30, p < 0.0005$. The only significant

interaction was between condition and set size, indicating that the magnitude of the difference between conditions increases with the number of distracters.

The autistic group was then separated in subgroups: those who scored between the 5th and 90th percentile on RCPM (the ‘5-90 RCPM’ subgroup, $N = 17$), and those who scored below the 5th percentile on RCPM (the ‘below-5 RCPM’ subgroup, $N = 9$). Both autistic subgroups were then compared to the non-autistic group. An ANOVA revealed that the groups significantly differed from one another on the visual search time ($F(2, 49) = 13.17, p < 0.001$). The effect size was large: $\eta_p^2 = 0.35$. Post hoc comparisons using the Tukey honest significant difference (HSD) indicated that the 5-90 RCPM autistic subgroup ($M = 2.14$ seconds; $SD = 0.90$) and non-autistic children ($M = 1.49$ seconds; $SD = 0.52$) were significantly faster than the below-5 RCPM autistic subgroup ($M = 3.31$ seconds; $SD = 1.67$). More importantly, visual search performance of the 5-90 RCPM autistic subgroup did not differ significantly from that of the non-autistic children ($p = 0.07$) (see Figure 4).

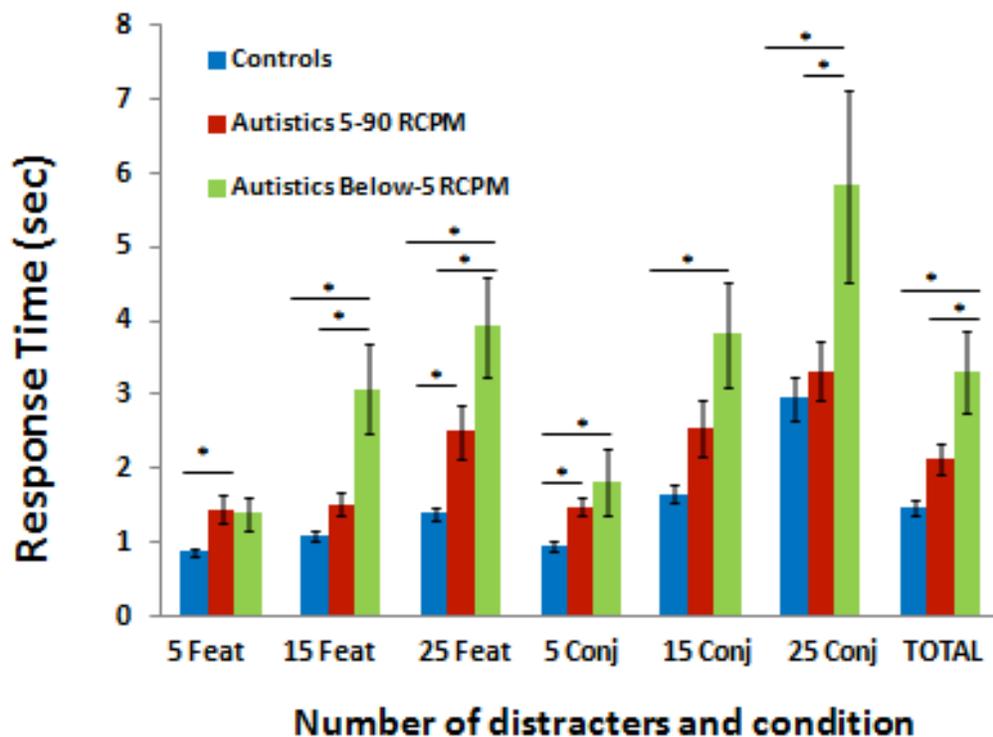


Figure 4. Mean visual search response times. Results shown are for the below-5 RCPM autistic subgroup (N = 9), the 5-90 RCPM autistic subgroup (N = 17), and typical control group (N = 27), for each condition (5, 15, and 25 distracters; feature and conjunctive) and the total for all trials. Asterisk represents $p < 0.01$.

Different subgroups matched on RCPM scores were then created by removing data from autistic children with the lowest RCPM scores and from non-autistic children with the highest RCPM scores until RCPM mean raw scores were equivalent (autistics: $M = 24.8/36$; $SD = 6.4$; controls: $M = 27.3/36$; $SD = 3.8$; $p = 0.23$). This procedure led to RCPM-matched subgroups of 13 autistic and 13 non-autistic children also matched on age (autistics: $M = 8.92$ years; $SD = 1.64$; controls: $M = 9.51$ years; $SD = 1.12$; $p = 0.29$). When comparing these RCPM-matched subgroups, it was found that autistics did not differ from non-autistics on visual search response time ($p = 0.58$).

Furthermore, there was a strong negative correlation between visual search response time and RCPM performance for the autistic children ($r = -0.67, p < 0.001$) indicating that the faster the participant was on the visual search task, the better he was on RCPM. This correlation was nonsignificant in the control group ($r = -0.25, p = 0.23$). Correlations were done while controlling for age, because there are no age-stratified norms for the visual search task.

CEFT

Twenty-six of 30 autistic children were able to perform the CEFT. At the group level, autistic children found fewer hidden figures ($M = 15.35; SD = 3.99$) than non-autistic children ($M = 18.19; SD = 4.15$) ($t(50) = 2.52, p < 0.05$). When considering the two autistic subgroups divided according to their RCPM performance (5-90 RCPM, $N = 17$; below-5 RCPM, $N = 9$; see above), an ANOVA revealed that the groups significantly differed from one another on the CEFT score ($F(2, 48) = 6.55, p < 0.01$) with a large effect size ($\eta_p^2 = 0.21$). The Tukey HSD post hoc comparisons indicated that performances of non-autistic children ($M = 18.19; SD = 4.15$) and the 5-90 RCPM autistic subgroup ($M = 16.76; SD = 3.38$) did not differ significantly ($p = 0.47$), and both groups were significantly better than the below-5 RCPM autistic subgroup ($M = 12.50; SD = 4.03$) (see Figure 5).

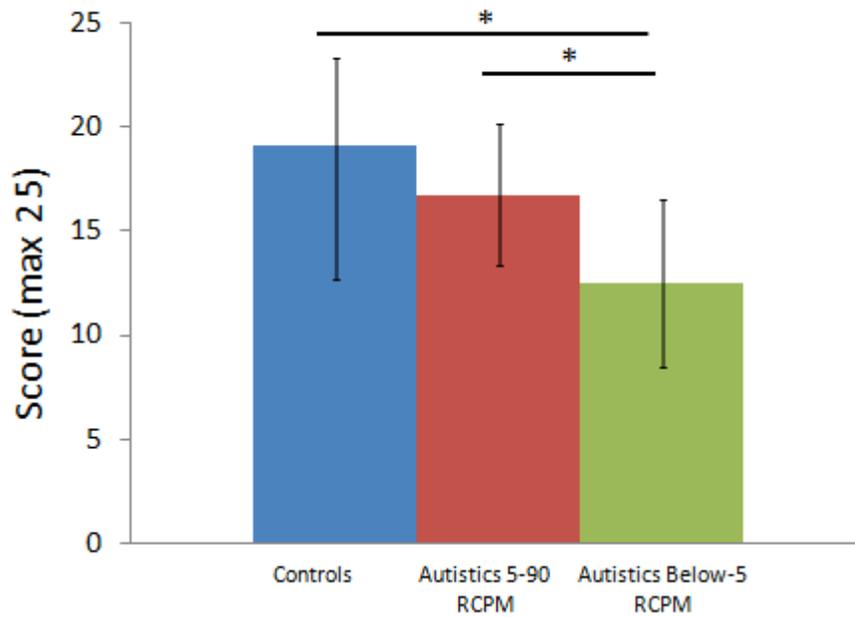


Figure 5. CEFT mean score. Number of correct responses for the below-5 RCPM autistic subgroup (N = 9), the 5-90 RCPM autistic subgroup (N = 17), and controls (N = 27). Asterisk represents $p < 0.01$.

Given the equivalent scores of the 5-90 RCPM autistic subgroup and the non-autistic group, response times on successful trials could be compared (data from one autistic outlier, response time more than 3 interquartile range from the mean, was removed). Figure 6 illustrates the significant response time advantage ($t(41) = 2.15, p < 0.05$) of the 5-90 RCPM autistic subgroup ($M = 10.39$ seconds; $SD = 4.31$) over non-autistic children ($M = 14.23$ seconds; $SD = 6.46$).

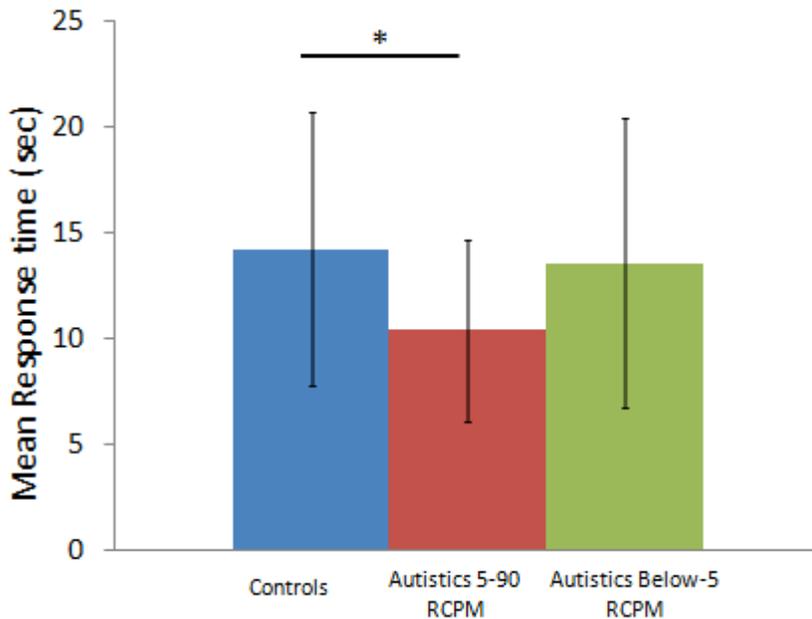


Figure 6. CEFT mean response times. Results shown are for successful trials for the below-5 RCPM autistic subgroup (N = 9), the 5-90 RCPM autistic subgroup (N = 17), and controls (N = 27). Asterisk represents $p < 0.05$.

Also, the subgroups of 13 autistics and 13 non-autistics matched on RCPM scores and age (as in the visual search section, above) were compared on the CEFT, and while both RCPM-matched autistic children ($M = 17.62$; $SD = 3.38$) and non-autistic children ($M = 18.46$; $SD = 2.96$) found the same number of figures ($p = 0.50$), RCPM-matched autistic children were significantly faster ($M = 10.18$; $SD = 0.3.9$) than non-autistic children ($M = 16.43$; $SD = 7.66$) for successful trials ($P < 0.05$).

There was a strong positive correlation between CEFT score and performance on RCPM for autistic children ($r = 0.72$, $p < 0.001$); finding more hidden figures was associated with better RCPM performance. The relation was also significant in the non-autistic group, but

with a smaller correlation coefficient ($r = 0.48, p < 0.05$). As with visual search, correlations were done while controlling for age because there are no age-stratified norms for CEFT.

Discussion

We piloted a school-based strength-informed assessment for autistic children with little or no spoken language and, according to school placement and conventional assessments, the highest level of impairment. That is, their cognitive potential was judged to be extremely limited. Of 30 minimally verbal school-aged autistic children, none could complete WISC-IV and only 20 % (N = 6) could complete any WISC-IV subtest. These children would in consequence be judged as untestable, as unable to achieve a basal score, as non-evaluable due to discrepancies between subtest scores, as being to various degrees intellectually disabled, and/or as ‘low-functioning’. In contrast, 90 % (N = 27) of these children could complete at least two of three tests in our strength-informed assessment, 83.3 % (N = 25) could complete all three, and autistic performance was correlated across the three tests. Of the 30 reassessed autistic children, 56.7 % (N = 17) achieved RCPM scores at or above the 5th percentile, or approximately an IQ of 75 or higher. While 13 % (N = 4) could not be tested on RCPM, 27 % (N = 8) were at or above the 50th percentile, and strikingly, 10 % (N = 3) achieved an RCPM score at the 90th percentile. Correlations between autistics’ RCPM scores and their visual search or CEFT performance are evidence that perceptual tasks may be valid avenues for estimating more general cognitive potential in minimally verbal school-aged autistic children.

Our results suggest that some school-aged autistic children are at risk of being underestimated as to their cognitive potential, and that a relatively simple strength-informed assessment, compatible with low-resource settings, is a neglected approach worth pursuing.

However, there is clearly room for improvement. For example, autistic children who did not perform well on or did not complete our assessment may in fact have very limited abilities, but in the alternative, their results may reflect shortcomings in our pilot effort. It was noted by the testers that minimally verbal school-aged autistic children may be trained (e.g., to stack all same-shaped items, or to place a series of items into a same-shaped space, see ‘Methods’ section above) in ways which make it more difficult to accurately assess their potential. They may also experience entrenched routines and expectations, day in day out, which when disrupted (for testing by strangers, e.g.) understandably result in confusion and/or distress. Better ways to address these issues for those autistic children in whom they cause difficulty would improve our strength-informed assessment. In addition, we chose only three of numerous possible tasks on which autistics may excel, according to existing findings involving a very wide range of children and adults [25]. Our tasks were also narrow in scope, not assessing abilities which may be strong in some minimally verbal autistics, such as numerical abilities, receptive vocabulary, or the ability to decode text [36-38]. Nor did we take advantage of test administration using touch screens or tablets, which may be attractive to many autistic children. Further, there is some evidence that autistics may be advantaged by more complex tasks or versions of tasks, such as the adult Embedded Figures Test [39] rather than the children’s version [40], more complex versus less complex mental rotation [27], more abstract versus more concrete tests [41], and more complex versus less complex matrix reasoning problems [15]. Thus, there are many ways in which our piloted assessment may be improved upon or extended, in order to more fairly assess the potential of all autistic children.

Conclusions

The great majority of minimally verbal autistic children could be tested, in their schools, using a strength-informed approach even as piloted here, with all stated limitations. In being tested, the autistic children in our pilot study revealed interest in the task at hand, to the point of purposefully breaking entrenched reinforcement routines; resourcefulness in using novel strategies (e.g., turning the target in the CEFT); and in some, cognitive potential which may reach or exceed that of the typical population.

To conclude, we need to consider what happens to autistic children who are indeed underestimated as well as considered too old for popular interventions to meaningfully alter their outcomes [42]. Their difficult situation is made more so by prevailing views in which atypical autistic strengths and related strong interests are interpreted negatively as deficits, as suboptimal, as impediments to learning, or as symptoms which worsen autism ‘severity’ (e.g., [43,44]; for more examples and reviews, see [9,45,46]). This contrasts with what is proposed about the typical population (e.g., , [47,48]), where any single cognitive strength, even which initially is of small magnitude, can lead to large eventual advantages via progressive access to more complex information and more demanding activities. In this model, low ability results when ‘discrimination reduces one group’s access to more cognitively demanding activities,’ ([47], p.17) or when being underestimated results in a cascading loss of access to complex information and commensurate opportunities. This model may be especially relevant for autistics, due to their overall atypicality in information processing [49], with higher variance and greater specialization in preferences and abilities [50]. Thus, a strength-informed assessment in autism should be considered only a first step toward improving access to the

atypical materials, information, and opportunities which allow autistic children to best develop their abilities.

Endnote

^aTo reduce unhelpful biases (see, e.g., [51]), and in keeping with the current consensus on language in autism research [52] we use the accurate, respectful terms ‘autistic’ and ‘autistic children’.

Abbreviations

CEFT, Children’s Embedded Figure Test; RCPM, Raven’s Colored Progressive Matrices

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Authors’ contributions

VC coordinated the study, participated in the elaboration of the study, the data collection, the statistical analysis, and the writing and revisions of the manuscript, and did the data entry. MPPL and AASM contributed to the study elaboration and to the data collection. MD contributed to the data reporting and statistics and to the writing and revision of the manuscript. IS contributed to the elaboration of the study, to the statistical analysis, and to the writing and revisions of the manuscripts. All authors read and approved the manuscript.

Acknowledgements

This research was funded by the Hospital Rivière-des-Prairies Foundation. We thank Ghitza Thermidor for her help with recruitment and solving testing issues, and Jonathan Green and Laurent Mottron for comments on an earlier version of the manuscript. We are also grateful to the school administrators and staff who helped throughout the project, and to all the families and individuals who participated.

Data availability

The authors confirm that, for approved reasons, some access restrictions apply to the data underlying the findings. Anonymous data may be available upon request to the corresponding author for researchers who meet the criteria for access to confidential data.

References

1. Tager-Flusberg H, Kasari C. Minimally verbal school-aged children with autism spectrum disorder: the neglected end of the spectrum. *Autism Research*. 2013;6:468–78.
2. Jones EJH, Gliga T, Bedford R, Charman T, Johnson MH. Developmental pathways to autism: a review of prospective studies of infants at risk. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2014;39:1–33.
3. Webb SJ, Jones EJ, Kelly J, Dawson G. The motivation for very early intervention for infants at high risk for autism spectrum disorders. *International Journal of Speech-Language Pathology*. 2014;16:36–42.
4. Daniels AM, Halladay AK, Shih A, Elder LM, Dawson G. Approaches to enhancing the early detection of autism spectrum disorders: a systematic review of the literature. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. 2014;53:141–52.
5. Kasari C, Brady N, Lord C, Tager-Flusberg H. Assessing the minimally verbal school-aged child with autism spectrum disorder. *Autism Research*. 2013;6:479–93.
6. Dawson M, Soulières I, Gernsbacher AM, Mottron L. The level and nature of autistic intelligence. *Psychological Science*. 2007;18:657–62.
7. Charman T, Pickles A, Simonoff E, Chandler S, Loucas T, Baird G. IQ in children with autism spectrum disorders: data from the Special Needs and Autism Project (SNAP). *Psychological Medicine*. 2011;41:619–27.
8. Gernsbacher MA, Sauer EA, Geye HM, Schweigert EK, Hill Goldsmith H. Infant and toddler oral- and manual-motor skills predict later speech fluency in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2008;49:43–50.
9. Dawson M, Mottron L. Do autistics have cognitive strengths? Should ASC be defined as disorders? In: Bolte S, Hallmayer J, editors. *Autism Spectrum Conditions*. Gottingen, Germany: Hogrefe; 2011. p. 32–4.
10. Thaler L, Arnott SR, Goodale MA. Neural correlates of natural human echolocation in early and late blind echolocation experts. *PLoS ONE*. 2011;6:p. e20162.

11. Gordon-Salant S, Friedman SA. Recognition of rapid speech by blind and sighted older adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2011;54:622–31.
12. Sadato N, Pascual-Leone A, Grafman J, Deiber MP, Ibañez V, Hallett M. Neural networks for Braille reading by the blind. *Brain*. 1998;121:1213–29.
13. Mackintosh N. *IQ and Human Intelligence*. New York, United States: Oxford University Press; 2011.
14. Bölte S, Dziobek I, Poustka F. Brief report: the level and nature of autistic intelligence revisited. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2009;39:678–82.
15. Soulières I, Dawson M, Samson F, Barbeau EB, Sahyoun CP, Strangman GE, et al. Enhanced visual processing contributes to matrix reasoning in autism. *Human Brain Mapping*. 2009;30:4082–107.
16. Barbeau EB, Soulières, I., Dawson, M., Zeffiro, T.A. & Mottron, L.: The level and nature of autistic intelligence III: inspection time. *Journal of Abnormal Psychology* 2012; 122:295-301.
17. Raven J, Raven JC, Court JH. *Raven Manual*. Oxford, England: Oxford Psychologists Press; 1998.
18. Bello KD, Goharpey N, Crewther SG, Crewther DP. A puzzle form of a non-verbal intelligence test gives significantly higher performance measures in children with severe intellectual disability. *BMC Pediatrics*. 2008;8:30.
19. Price C, Robertson A, Goodson B. *Thimerosal and Autism: Technical Report, Vol I*. Abt Associates: Bethesda (MD); 2009.
20. Kaldy Z, Kraper C, Carter AS, Blaser E. Toddlers with autism spectrum disorder are more successful at visual search than typically developing toddlers. *Developmental Science*. 2011;14:980–8.
21. Kemner C, Van Ewijk L, Van Engeland H, Hooge I. Brief report: eye movements during visual search tasks indicate enhanced stimulus discriminability in subjects with PDD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2008;38:553–7.
22. Jolliffe T, Baron-Cohen S. Are people with autism and Asperger syndrome faster than normal on the Embedded Figures Test? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 1997;38:527–34.
23. Shah A, Frith U. An islet of ability in autistic children: a research note. *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*. 1983;24:613–20.

24. O'riordan MA. Superior visual search in adults with autism. *Autism*. 2004;8:229–48.
25. Dawson M, Mottron L. *Where Autistics Excel: Compiling an Inventory of Autistic Cognitive Strengths*. Chicago, IL: International Meeting for Autism Research; 2009.
26. Deary IJ, Bell PJ, Bell AJ, Campbell ML, Fazal ND. Sensory discrimination and intelligence: testing Spearman's other hypothesis. *The American Journal of Psychology*. 2004;117:1–18.
27. Soulières I, Zeffiro TA, Girard ML, Mottron L. Enhanced mental image mapping in autism. *Neuropsychologia*. 2011;49:848–57.
28. Lord C, Risi S, Lambrecht L, Cook Jr EH, Leventhal BL, DiLavore PC, et al. The autism diagnostic observation schedule-generic: a standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2000;30:205–23.
29. Lord C, Rutter M, le Couteur A. Autism Diagnostic Interview-Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 1994;24:659–85.
30. Schopler E, Reichler RJ, DeVellis RF, Daly K. Toward objective classification of childhood autism: Childhood Autism Rating Scale (CARS). *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 1980;10:91–103.
31. Wechsler D. *The Wechsler Intelligence Scales for Children, Fourth Edition: Canadian (WISC-IV)*. Toronto, Canada: Psychological Corporation; 2005.
32. Roid GH, Miller LJ. *Leiter International Performance Scale-Revised: Examiners Manual*. Wood Dale, IL: Stoelting Co.; 1997.
33. Raven JC, Court JH, Raven J. *Coloured Progressive Matrices*. Oxford: Psychologist Press; 1995.
34. O'riordan MA, Plaisted KC, Driver J, Baron-Cohen S. Superior visual search in autism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2001;27:719–30.
35. Karp SA, Konstadt NL. *Manual for the Children's Embedded Figures Test*. 1963.
36. Hermelin B, O'Connor N. Factors and primes: a specific numerical ability. *Psychological Medicine*. 1990;20:163–9.
37. Atkin K, Lorch MP. Hyperlexia in a 4-year-old boy with autistic spectrum disorder. *Journal of Neurolinguistics*. 2006;19:253–69.

38. Gernsbacher, M.A. Language is more than speech: a case study. *The journal of developmental and learning disorders*. 2004; 8, 79-96.
39. Witkin HA, Oltman PK, Raskin E, Karp SA. *A Manual for the Embedded Figure Tests*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press; 1971.
40. Schlooz WAJM, Hulstijn W. Boys with autism spectrum disorders show superior performance on the adult Embedded Figures Test. *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2014;8:1–7.
41. Stevenson JL, Gernsbacher MA. Abstract spatial reasoning as an autistic strength. *PLoS ONE*. 2013;8:e59329.
42. Rogers SJ, Vismara L. Interventions for Infants and Toddlers at Risk for Autism Spectrum Disorder. Fourth Edition: *Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorders*; 2014.
43. Eigsti IM, Fein DA. More is less: pitch discrimination and language delays in children with optimal outcomes from autism. *Autism Research*. 2013;6:605–13.
44. Volkmar F, Siegel M, Woodbury-Smith M, King B, McCracken J, State M. Practice parameter for the assessment and treatment of children and adolescents with autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*. 2014;53:237–57.
45. Baron-Cohen S. Enhanced attention to detail and hyper-systemizing in autism. Commentary on Milne, E., Swettenham, J., & Campbell, R. Motion perception in autism: a review. *Current Psychology of Cognition*. 2005;23:59–64.
46. Dawson M, Mottron L, Gernsbacher MA. Learning in autism. In: Byrne JH, Roediger H, editors. *Learning and Memory: A Comprehensive Reference: Cognitive Psychology*. New York: Elsevier; 2008. p. 759–72.
47. Dickens W.T. What is G? Retrieved from: <http://www.brookings.edu/~media/Research/Files/Papers/2007/5/03education%20dickens/20070503.PDF>. 2007. Retrieved June, 2014
48. Flynn JR. Movies about intelligence: the limitations of g. *Current Directions in Psychological Science*. 2003;12:95–9.
49. Mottron L, Dawson M, Soulières I. Enhanced perception in savant syndrome: patterns, structure and creativity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009;364:1385–91.

50. Cowen T. An Economic and Rational Choice Approach to the Autism Spectrum and Human Neurodiversity. GMU Working Paper in Economics. 2011, No. 11-58. Retrieved from: <http://ssrn.com/abstract=1975809>. Retrieved June, 2014. Retrieved January 2015

51. Sinclair J. (1999). Why I dislike «person first» language. Retrieved from: http://web.archive.org/web/20090210190652/http://web.syr.edu/~jisincla/person_first.htm. Retrieved January, 2015.

52. Pellicano E., Stears M. (2011). Bridging autism, science and society: moving toward an ethically informed approach to autism research. *Autism Research*. 2011;4:271–282.

Chapitre 3 : Testability and cognitive profile of minimally verbal autistic preschoolers

Testability and cognitive profile of minimally verbal autistic preschoolers

Valérie Courchesne¹, Isabelle Soulières^{1,2}

¹ Rivière-des-prairies Hospital, Centre d'Excellence en Troubles Envahissants du Développement de l'Université de Montréal (CETEDUM), 7070 boulevard Perras, Montréal, QC H1E 1A4, Canada

² Psychology Department, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888 succursale Centre-ville Montréal H3C 3P8, Canada

Abstract

The assessment of autistic intelligence is a clinical specifier required to refine categorical DSM-5 Autism Spectrum (AS) diagnosis. While intellectual disability may co-occur with autism, intelligence in minimally verbal autistic children is at risk of being underestimated. We have established that minimally verbal, school-aged autistic children, untestable using conventional assessment tools, are able to complete a strength-informed assessment (Courchesne et al. 2015). The present study investigates testability and cognitive profile of autistic children at the age of diagnosis, i.e. minimally verbal AS preschoolers, using conventional assessment (Mullen Scales of Early Learning / MSEL, Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence / WPPSI-IV) and strength-informed assessment (Raven's Colored Progressive Matrices, board form / RCPM, Visual Search task and Children Embedded Figures Test / CEFT). Fifty-four AS children and fifty-three TD children matched on chronological age, but not mental age, were assessed for this study. Testability increases with age in both the AS and the TD groups, but was lower in AS children. Critically, testability is not related to performance on any intelligence test in AS children. TD children performed significantly better than AS children on conventional assessment (MSEL and WPPSI-IV), but performance was similar between the two groups on strength-informed assessment (RCPM, Visual Search and CEFT). In both groups, MSEL performance was lower than WPPSI-IV performance, which was lower than RCPM performance. However, the differences between tests were greater in the AS group. Performance on the Visual Search and CEFT correlated with performance on intelligence tests in the AS group only. These results replicate our previous findings with school-aged minimally verbal autistic children and extend them by examining the profile on other intelligence tests. It also introduces the notion of *flexible testing*, i.e. proposing task resembling the child's current interest. These results raise important considerations regarding the possibility/quality of assessment at such a young age.

Keywords

Autism, Preschool, Assessment, Intelligence, Perception, Cognition

Background

Autism Spectrum (AS) diagnosis now requires to specify whether or not there is an associated intellectual impairment (American Psychiatric Association, 2013). Diagnostic assessment often takes place during preschool years, an age at which the intellectual assessment is particularly challenging. For example, autistic children show more off-task behaviours during a developmental assessment (Akshoomoff, 2006). The decreased testability arising from the AS diagnosis has an important effect on the test results (Eagle, 2003). In their review Filipek et al. (1999) insisted on the importance of test choice and administration with autistic children, particularly when they are young, non-verbal or «low functioning». Indeed, because of the behavioural challenges they present, these autistic children are often considered «untestable» and therefore wrongly judged as intellectually impaired (Eagle, 2003).

Another challenge regarding intellectual assessment in autistic preschoolers is the few intellectual quotient (IQ) tests available and suited for this population. For example, the Bayley Scales of Infant and Toddler Development (Bayley & Reuner, 2006) is largely used in young children, but it was shown to be unproductive of later non-verbal IQ when used with autistic children before 4 years of age (Lord & Schopler, 1989), and it does not include a separate subscale for non-verbal abilities. This latter characteristic makes it unfit for non- or minimally-verbal autistic children, which represent the majority of autistic children in preschool years (Pickett, Pullara, O'Grady, & Gordon, 2009; Wodka, Mathy, & Kalb, 2013). One of the most widely used cognitive tests in preschool autistic children is the Mullen Scales

of Early Learning (MSEL) (Filipek et al., 1999; Swineford, Guthrie, & Thurm, 2015). The validity of the MSEL was recently studied in a sample of autistic children and the authors concluded that the MSEL has a good convergent and divergent validity (Swineford et al., 2015). However, the MSEL subscales were compared with items from different diagnosis assessment tools or language tests and were not compared to any other IQ or developmental test. To our knowledge, only one study did compare the MSEL to another IQ test (the Differential Ability Scale) in autism and also concluded the MSEL had good convergent validity (Bishop, Guthrie, Coffing, & Lord, 2011). Despite the fact that very few studies specifically investigated the use of the MSEL in autism and that therefore little is known about the intellectual profile of autistic children on that test, it is often the only IQ measure used in studies focussing on autistic preschoolers (i.e.G. Dawson et al., 2010; Zwaigenbaum et al., 2005).

A few other IQ tests are available at preschool age and could be suited to the AS population. However, research is sparse in documenting the cognitive profile on different tests at that age. Indeed, heterogeneous performance within IQ tests is known to characterize the profile of both autistic children and adults (Akshoomoff, 2006; Harris, Handleman, & Burton, 1991; Mayes & Calhoun, 2008; Nader, Jelenic, & Soulières, 2015; Oliveras-Rentas, Kenworthy, Roberson, Martin, & Wallace, 2012; Soulières, Dawson, Gernsbacher, & Mottron, 2011) and important discrepancies between tests are also well documented in the autism spectrum (Baum, Shear, Howe, & Bishop, 2014; Bölte, Dziobek, & Poustka, 2009; Grondhuis & Mulick, 2013; Hayashi, Kato, Igarashi, & Kashima, 2008; Sahyoun, Soulières, Belliveau, Mottron, & Mody, 2009; Shah & Holmes, 1985), but little is known on the intellectual profile

at the preschool period. Studies in this age group often use an IQ ratio in which IQ is calculated with different tests depending on the functioning level of the child, or derived from the subtests that the child was able to complete (e.g. Bal, Katz, Bishop, & Krasileva, 2016; Bishop, Thurm, Farmer, & Lord, 2016; Kanne et al., 2011). Given the known discrepancies among and between IQ tests in the AS, it would be important to further document AS preschoolers' profile on IQ tests.

We previously showed in a sample of minimally verbal school-aged autistic children that conventional or standardized assessment is not well suited to autistic children, especially when they are minimally verbal (Courchesne et al. 2015). In this study, we documented the performance of minimally verbal school-aged autistic children on a strength-informed assessment, that is, an assessment including tests on which autistic individual typically perform well. None of the participants was testable with a conventional assessment such as the Wechsler's scales, but the vast majority of the children were able to complete our strength-informed assessment. This strength informed assessment included the Raven's Coloured Progressive Matrices, board Form (a non-verbal intelligence test) and other potential indicators of intellectual level in autism: visual cognitive tasks. The chosen visual tasks were a Visual Search Task and the Children Embedded Figures Test (CEFT) (Karp & Konstadt, 1963).

The inclusion of visual tasks was motivated by the fact that perceptual abilities are historically linked to the study of intelligence (for a historic see: Deary, Bell, Bell, Campbell, & Fazal, 2004; Mackintosh, 2011) and were shown to be correlated to intellectual abilities in both autistic and non-autistic children and adults (Barbeau, Soulières, Dawson, Zeffiro, & Mottron,

2013; Deary et al., 2004; Hill et al., 2011; Meilleur, Berthiaume, Bertone, & Mottron, 2014; Wallace, Anderson, & Happé, 2009). Furthermore, autistic individuals were shown to have superior abilities in various visual tasks (Jarrod, Gilchrist, & Bender, 2005; Kaldy, Giserman, Carter, & Blaser, 2016; O'riordan, 2004; Perreault, Gurnsey, Dawson, Mottron, & Bertone, 2011; Schlooz & Hulstijn, 2014; Soulières, Zeffiro, Girard, & Mottron, 2011) and many of these tasks are fast and simple to administer compared to conventional IQ tests.

Little is known about visual perceptual abilities in autistic preschoolers, but at least a few studies suggest that perception may be superior in this age group also. Indeed, Kaldy, Kraper, Carter, and Blaser (2011) showed enhanced visual search in 1 to 3-year-old autistic children. Morgan, Maybery and Durkin (2003) showed an enhanced performance on the Preschool Embedded Figure Test and on a Pattern Construction task in a group of autistic children aged from 3 to 5 years old. Pellicano, Maybery, Durkin and Maley (2006) obtained similar results on these same two tasks in a sample of autistic children aged from 4 to 7 years old. Furthermore, other research findings such as a preference for geometric forms in autistic toddlers (Pierce, Conant, Hazin, Stoner, & Desmond, 2011), or a faster response in an attention cueing task (Chawarska, Klin, & Volkmar, 2003), might indicate enhanced perceptual processes very early in autistic development.

The objective of the present study was therefore to replicate and extend the results of our first study, but in a sample composed of preschool-aged autistic children. We first aimed at documenting testability in this sample of very young autistic children, that is, at the moment of diagnosis. Is a cognitive assessment realistic at this age, and with which instruments? How

can we maximize testability? To do so, we compared five different tests (conventional and strength-informed) in a group of preschool-aged AS children and a group of preschool-aged TD children. We hypothesized that a lower proportion of AS children would be able to complete the cognitive assessment. Our second aim was to document and compare the intellectual profile of these children on conventional versus strength-informed tests. We hypothesized that AS children would have a better performance in strength-informed tests and that their profile on conventional tests would be characterized by higher scores in domains not requiring language, while TD children would have a more homogeneous profile within and across tests. We also aimed at documenting the associations between conventional and strength-informed test performance.

Methodology

Participants

Fifty-four autistic children and fifty-two typically developing children aged from 30 to 77 months at time of testing were assessed in this study (see Table 1). All children who received an AS diagnosis at the Riviere-des-Prairies' Hospital clinic during the study period (January 2014 to July 2016) who were non-syndromic, were solicited to be part of a research participant database. All those who signed the consent to be included in the database and contacted to participate in research projects who matched the age criteria were solicited to participate in the present study. They received an Autism Spectrum (AS) diagnosis based on gold standard instruments and clinical expert judgment. 20 were assessed with the ADOS (Lord et al., 2000) and the ADI-R (Lord, Rutter, & Le Couteur, 1994), while 33 were assessed

with the ADOS only and one was assessed with the ADI-R only. There were no other exclusion criteria for that group. The typically developing children (TD) were recruited in the community through announcements in childcare centers and preschools in the great Montreal area. TD children were screened through an interview to ensure they and their first-degree relatives did not present any developmental or neurological disorder. Informed consent was obtained for all participants prior to the beginning of the study. The study was approved by the Research and Ethic Committee of Riviere-des-Prairie's Hospital.

The level of language of the autistic children in our sample was assessed using the Expressive Language subscale of the Vineland Adaptive Behavior Scales (VABS)–Second Edition (Sparrow, Cicchetti, & Balla, 2005). The VABS is a structured interview assessing adaptive behaviors. It was administered to the parents over the phone by a trained graduate student in neuropsychology. Phone administration of the VABS was shown to be equivalent to an «in person» administration (Limperopoulos, Majnemer, Steinbach, & Shevell, 2006). This type of assessment was chosen in order to minimize the missing data that could have resulted from a direct assessment with the child. Twenty-seven autistic children (50%) had scores that placed them below the second percentile, 10 (19%) had scores between the second and 8th percentile, 8 (15%) had scores between the 9th and 24th percentile, and 6 (11%) had scores in the average; between the 25th and 75th percentile. We were unable to reach the parents to complete the assessment of three (5%) participants. The level of expressive language was not an exclusion criterion.

Table 1. Participant characteristics and ratio of participants who completed each test.

| | Autistics | Typically developing | <i>p</i> |
|--|--------------------------|--------------------------|----------|
| Total N | 54 | 52 | - |
| Mean age in months (range)⁴ | <i>M</i> = 51.88 (30-75) | <i>M</i> = 48.15 (30-77) | 0.11 |
| Gender | 42M, 12F | 32M, 20F | .07 |
| Mullen Scales of early learning | 32 (59%) | 46 (88%) | - |
| Wechsler Preschool and Primary scales of intelligence -IV | 24 (44%) | 47 (90%) | - |
| Raven Color Progressive Matrices | 31 (57%) | 46 (88%) | - |
| Visual Search | 31 (57%) | 47 (90%) | - |
| Children Embedded Figure Test | 22 (41%) | 46 (88%) | - |

Assessment tools

Conventional assessment

The conventional assessment was based on what we had done in our previous study (Courchesne et al., 2015), but adapted to the age of our sample of preschoolers.

Mullen Scales of Early Learning (MSEL) (Mullen, 1995)

The MSEL is a measure of cognitive and motor abilities that is largely used among young children since it is normed from birth to 68 months. The test is composed of five

⁴ Age here represent the mean age of participation that was calculated by making the mean of the age on each test. The inclusion criterion regarding age were that at the beginning of the study the child was at least 30 months so he could complete WPPSI-IV and at most 68 months so he could complete MSEL. Some children finished the study when they were older, which explains why the maximum age is higher than 68 months. The mean difference between first and last test was 73.0 days (*SD*=65.7) in the autistic group and 45.8 (*SD*=45.4) in the TD group (*p*<.05).

subscales (Gross Motor⁵, Visual Reception, Fine Motor, Receptive language and Expressive Language).

Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence (WPPSI-IV) (Wechsler, 2012)

The Wechsler scales figures among the most widely used intelligence tests in both clinical and research settings (Neisser et al., 1996). The preschool and primary version of the Wechsler (WPPSI-IV) is normed from 2 years 6 months to 7 years 7 months. There is one version for children aged below 4 years old and one version for children aged 4 and more. They respectively include 5 (Receptive Vocabulary, Information, Block Design, Object Assembly, Picture Memory) and 6 (Information, Similarities, Block Design, Matrix Reasoning, Picture Memory, Bug Search) mandatory subtests that allow computing a full scale IQ.

Strength-Informed Assessment

The strength-informed assessment was also based on our previous study (Courchesne. The adaptations that were made in this first study in order to minimize the requirement of language production or comprehension and to avoid the need to point to respond seemed to also be appropriate for preschoolers.

⁵ The Gross Motor subscale is normed only for children from birth to 33 months and therefore was not used in the present study.

*Raven's Coloured Progressive Matrices (board form) (RCPM) (Raven, Raven, & Court, 1998)*⁶

The RCPM is an IQ test using non-verbal material, relatively independent of culture and measuring fluid intelligence (Neisser et al., 1996). It is composed of three sets of 12 matrices of increasing difficulty. The child has to choose among 6 pieces the one that best completes the matrix. The RCPM has norms from the Netherlands from 1982 for children as young as 3 years 9 months and up to 10 years 2 months, however American norms start at 5 years old. For the present paper, RCPM was administered to all participants regardless of their chronological age. Raw scores were used when possible in analyses since groups were matched on age and when the use of percentiles was necessary, the Netherlands norms were used, which led to the exclusion of children younger than 3 years 9 months at time of RCPM administration. The number of excluded participants is mentioned prior to each analysis. In the board form of the RCPM, there is an actual hole in the 2 X 2 matrix and the child can pick the piece of his choice among the 6 pieces placed underneath the matrix and manually put it in the hole. This version is known to be more suited for children with intellectual disabilities (Down Syndrome or idiopathic Intellectual Deficiency) or Autism Spectrum Disorder (Bello, Goharpey, Crewther, & Crewther, 2008).

⁶ The RCPM, despite being classified in the strength-informed assessment is also considered when we refer to «Intelligence tests»

Visual Search Task

The visual search task consists of finding a target letter among distracters. It was adapted from the computerized version of the visual search task in O'Riordan, Plaisted, Driver and Baron-Cohen (2001) and was the same task used in Courchesne, Meilleur, Poulin-Lord, Dawson and Soulières (2015). In order to minimize verbal instructions, «absent» trials were withdrawn and the target letter was printed and given to the child prior to each trial. Three different letters were successively used as target and were embedded among 5, 15, 25, 50 or 75 distracters (50 and 75 distracters were added to the task used in Courchesne et al., 2015). There were two conditions. In the Feature condition the target letter differed from distracters in shape (e.g. a red *S* hidden among red *T*s and green *X*s). In the Conjunction condition, the target shared color with some of the distracters and shape with some others, so that only the conjunction of attributes defined the target (e.g. a red *X* hidden among red *T*s and green *X*s). Each set of distracters (5) and condition (2) were presented six times for a total of 60 trials. The targets and distracters spanned approximately 1.8 X 2.7 cm each. The targets were printed on thick plasticized cardboard (3 X 2.4 cm). The sets of distracters with the embedded target letter were printed on 28 X 21,5 cm plasticized sheets presented on the table in front of the child after giving him the appropriate target. The time needed to place the letter on the target and the number of successful trials were recorded.

Children Embedded Figures Test (CEFT) (Karp & Konstadt, 1963)

The CEFT consists of finding a target figure hidden among a larger meaningful line drawing. There are two different targets, a triangle and a house. The CEFT is composed of 14 practice trials and 25 test trials. In order to minimize verbal instructions, the instruction not to

turn the target, which is normally part of the test, was removed for all participants. Also, the targets were cut in thick cardboard and the appropriate target was given to the child prior to each trial. The time required to place the target on the hidden figure was recorded and the number of successful trials was computed.

Procedure

The MSEL was generally administered in the first assessment session since it was also used as part of another study that was done prior to the beginning of this study. The order of administration of the other tests was counterbalanced. All the tests were administered by trained research assistants (students in a clinical psychology program) in a room designed for the assessment of young children at Rivière-des-Prairies Hospital. The length of the assessment sessions depended on the child's attention capacity. In order to obtain the maximal performance of the child, the items that were administered at the end of a session, and for which attention level was deemed not optimal, were re-administered at the beginning of the next session.

The tests were administered using what we refer to as *flexible testing*. That is, we administered the items of one subscale until the child was inattentive for one reason or another and switched tests and subscales as often as necessary during one session. Also, we used what the child was spontaneously doing as a mean of assessing his abilities. For example, if we asked the child to imitate a block construction, but he spontaneously stacked the blocks on top of one another, we coded the *Fine Motor* item of the MSEL in which the child must stack blocks. If the child was interested in the key from the MSEL, we used this toy to assess the

memory for objects (in which the experimenter hides objects under three pots and asks the child to find where one of the objects is hidden). If the child refused to imitate a drawing, but wanted to draw a person, the administrator prompted him to make the head really round and to make little rounds inside the head for the eyes, so he could code the «drawing of a circle» and the «drawing of a circle into a circle» items, even if the child did not want to imitate the administrator's drawing. The strength-informed tests were particularly suited to *flexible testing* since they can easily be split over different assessment sessions, and since the autistic children manifested an intrinsic interest for these tests. Therefore, the strength-informed tests were often used as proxies of the *flexible testing* to prolong the assessment sessions. For example, when a child was inattentive and did not cooperate for one subscale of the WPPSI-IV or the MSEL, the administrator could present a few items of the Visual Search Task, then administer one of the series of the RCPM and often, the child was able to refocus and respond to the new tasks presented. *Flexible Testing*, in addition to being used in order to maximize the duration of each assessment session, was also a mean to access the maximal potential of the child. Indeed, trying to keep the child seated and focussed for prolonged periods of time to administer each test in the prescribed order was vain and did not allow for an appreciation of the child's abilities to complete the tasks. This is why *flexible testing* was prioritized.

Results

Testability

As we hypothesized, not all participants were able to complete all tests. Furthermore, some participants did not complete the study and therefore also did not complete all tests.

Indeed, two autistic children (4%) were unable to complete any tests, nine (17%) dropped out of the study before we could determine whether they were testable and twelve (22%) completed some of the tests, but not all. As for typically developing children, four (8%) dropped out of the study prior to completion and only one (2%) was unable to complete one of the tests. The number of participants in each group who completed each test is presented in Table 1.

The first objective was to investigate testability among young AS and TD children. In order to do so, three different testability ratios were computed. The first one was calculated by dividing the number of test completed by the number of assessment sessions necessary to complete the tests. This testability ratio is thus an indicator of the attention level of the child, his capacity to remain seated and on task, his motivation to complete the tasks, etc. An independent T-test indicated that AS children had a significantly lower testability ratio ($M = .76$; $SD = .50$) than TD children ($M = 1.37$; $SD = .44$) ($t(90) = -5.70$, $p < .001$; $d = 1.31$, 95% CI [- .76, -.37]). Furthermore, testability was significantly correlated with age in both the AS ($r(39) = .49$, $p = .001$) and the TD groups ($r(46) = .47$, $p = .001$), older children completing more tests in each assessment session. The second testability ratio was computed by dividing the number of subscales completed by the number of assessment sessions. This second ratio was created in order to take into consideration the fact that each test had a different number of subscales and therefore a different length. An independent T-test performed with this second ratio also showed a significantly lower testability ratio in the AS group ($M = 2.32$; $SD = 1.41$) compared to the TD group ($M = 4.16$; $SD = 1.13$) ($t(89) = -6.88$, $p < .001$; $d = 1.45$, 95% CI [- 2.37, -1.31]). The same correlation between testability and age was also found when using this

subscale based testability ratio (AS: $r(43)=.34$, TD: $r(44)=.37$, both $p's <.05$). Both testability ratios were compared between participants who dropped out of the study and those who completed it and no significant difference was found in the AS or the TD group (all $p's >.05$). Neither of the testability ratios nor the number of assessment sessions were correlated with performance on cognitive tests (MSEL, WPPSI-IV, RCPM) in any of the two groups (all $p's >.05$). The third testability ratio was calculated by dividing the number of tests completed by the number of tests attempted. Again, a significantly lower ratio was found in the AS group ($M=.68$; $SD=.39$) compared to the TD group ($M=.995$, $SD=.029$) ($t(88) = -5.50$, $p <.001$; $d=1.53$, 95% CI [-.44, -.20]). Given the absence of variability in the TD group on this index, correlations with age and performance on IQ tests were calculated only for the AS group. A significant positive correlation between this testability index and age was found ($r(42)=.58$, $p <.001$), indicating that the number of tests completed increased with age. The performance on the three cognitive tests was not significantly correlated with this last testability ratio (all $p's >.05$).

Because of the nature of the present study, all children did not complete all tests and therefore each of the subsequent analyses was conducted on subgroups of participants. The characteristics of each subsample are described prior to each analysis and Bonferroni corrections were applied when needed.

Cognitive Profile

The second objective of the study was to compare the intellectual profile of the two groups. We first compared the proportion of AS children scoring in the intellectual deficit

range (IQ < 70) according to each intelligence test (MSEL, WPPSI-IV and RCPM). The proportion was 72% (23/32) according to the MSEL, 17% (4/24) according to the WPPSI-IV and 3% (1/31) according to the RCPM. None of the TD children was in the intellectual deficit range on any of the three intelligence tests.

Conventional Assessment

The analyses on conventional assessment were done using a subgroup of AS ($n= 15$) and TD ($n= 32$) children who were able to complete all three intelligence tests (conventional: MSEL, WPPSI-IV; strength-informed : RCPM) and were matched on age ($p=.105$).

MSEL Profile

The performance on MSEL was first compared between groups. An Independent T-test indicated that autistic children performed significantly lower ($M=67.33$; $SD:16.52$) than TD children ($M=108.31$; $SD:17.88$) on the MSEL standard score ($t(45)=-7.50$, $p< .001$; $d=2.35$, 95% CI [-51.99, -29.97]).

In order to explore profile of both groups on the MSEL and to test whether our hypothesis that the performance of autistic children on verbal subscales would be lower than on non-verbal subscales, while it would not be the case for TD children, the four MSEL subscales were compared using a mixed Group X Subscale ANOVA. The analysis revealed a significant interaction between Subscale and Group (Wilks Lambda= .70, $F(2, 44)= 9.46$, $p< .001$, $\eta_p^2=.13$). Post hoc comparisons using paired T-tests and Bonferroni corrections revealed that *Visual Reception* was significantly higher than both *Expressive Language* and *Receptive*

language subscales in the AS group (both p 's<.05), while no differences were found between the other subscales and between any subscales in the TD group (all p 's>.05). See Figure 1 for the profile on MSEL.

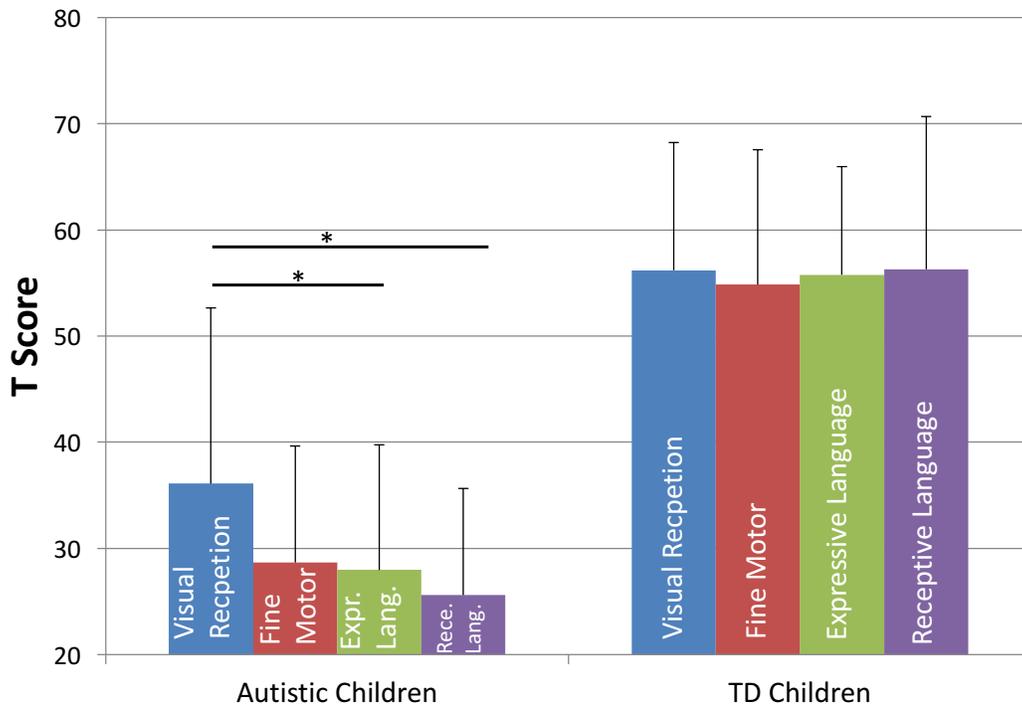


Figure 1. Mean performance in T scores on the four subscales of the MSEL for each group.

*= p <.05; TD= Typically Developing. MSEL= Mullen Scales of Early Learning.

WPPSI-IV profile

The performance on WPPSI-IV was compared between groups. The autistic children performed significantly lower (M=86.20; SD:21.98) than TD children (M=115.91; SD:11.67) on the WPPSI-IV ($t(45)=-6.08$, p < .001, $d=1.99$, 95% CI [-39.56, -19.86]).

For the WPPSI-IV, Block Design and Information subtests were used respectively as proxies of non-verbal and verbal abilities, since they are the only verbal and non-verbal mandatory subtests common to both versions of the WPPSI-IV. A mixed Group X Subtest ANOVA revealed a significant interaction between Subtests and Group (Wilks Lambda= .71, $F(1, 45)=18.68$, $p<.001$, $\eta^2=.29$). Post-hoc using Paired T-tests with Bonferroni corrections indicated that Information was significantly lower than Block Design in the AS group only (Information: $M=4.3$, $SD=3.9$; Block Design: $M=10.6$, $SD=3.2$; $t(14)=-5.43$, $p<.001$, $d=1.40$, 95% CI [-8.83, -3.83]).

To further investigate the WPPSI-IV profile, the six subtests included in the WPPSI-IV version for 4 years old and above (see Figure 2) were then used for a Group X Subtest ANOVA (the subtests only included in the 2 and a half to 4 years old version were excluded from this analysis since only two AS children in this age range completed them). The analysis revealed a significant Group X subtest interaction (Wilks Lambda= .62, $F(5, 30)=3.67$, $p=.010$, $\eta^2=.38$). Post-hoc using Paired T-tests with Bonferroni corrections indicated that both Similarities and Information were significantly lower than all other subtests in the AS group (all $p's<.005$), while Similarities was significantly lower than Block Design, Picture Memory and Bug Search in the TD group (all $p's<.005$). See Figure 2 for profile on the WPPSI-IV subtests.

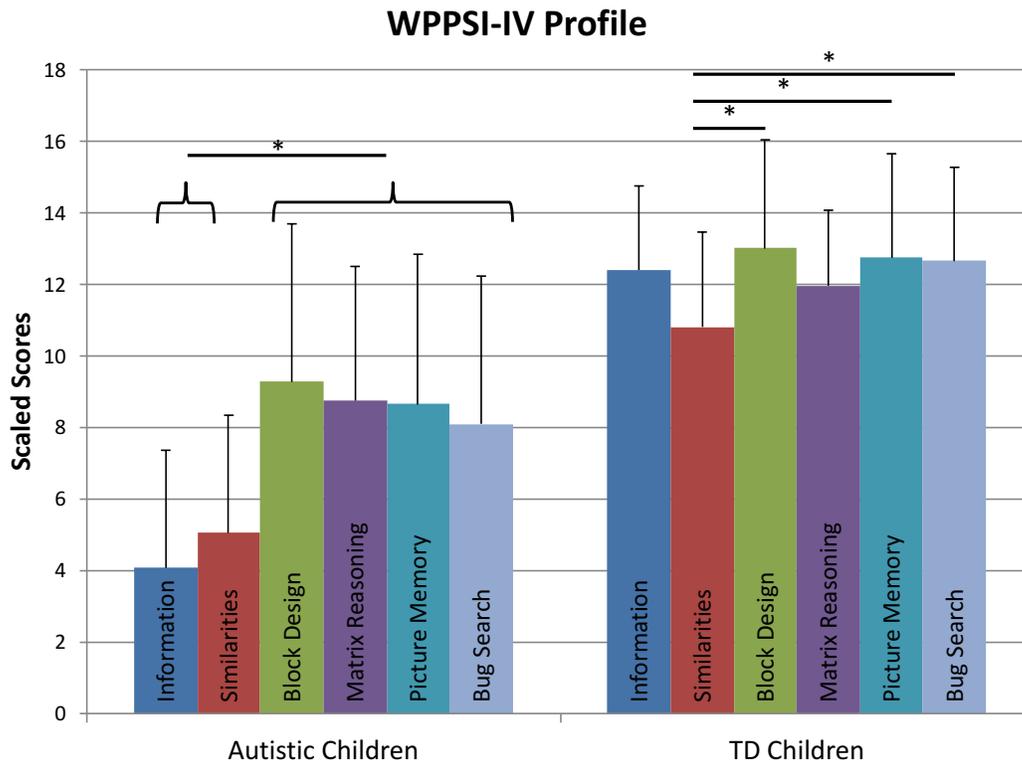


Figure 2. Mean scaled scores for each mandatory subtest for each group. *= $p < .05$; WPPSI-IV= Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence-Fourth Edition; TD=Typically Developing.

Strength-Informed assessment

RCPM

In order to allow comparison between the three intelligence tests, the subsample retained for the analysis regarding RCPM performance was again the one including children who completed all of the three intelligence tests (see details above). The *t*-test was conducted with raw scores for RCPM because 1) groups were matched on age, 2) fourteen of the 32 TD children included in this subsample performed at ceiling on the RCPM when their scores were

converted into percentiles and 3) the RCPM is not normed for the participants that are younger than 45 months. None of the participants performed at ceiling when using raw scores on RCPM. The performance on RCPM did not differ between groups. Autistic children ($M=22.4/36$; $SD:7.33$) performed similarly to TD children ($M=21.81/36$; $SD:4.92$) ($t(45)=0.33$, $p= .747$). Similar results were obtained when using percentiles.

Visual Search Performance

First, a subsample matched on age was created with all participants who completed the visual search ($n=31$ AS children and $n=37$ TD children). Accuracy on the Visual Search Task was at ceiling for most participants and did not differ between groups. A mixed Group X Condition X Number of distracters⁷ ANOVA on response time revealed a significant interaction between Condition and Number of distracters (Wilks Lambda= .41, $F(4, 62)= 22.56$, $p<.001$, $\eta_p^2=.59$). There was also a main effect of Group ($F(1, 65)= 5.69$, $p=.020$, $\eta_p^2=.08$). Bonferroni post hoc tests revealed that for each level of number of distracters, both groups had slower response time in the Conjunction condition compared to the Feature condition (all p 's < .001), but not when there was only 5 distracters ($p=.506$). Also, pairwise post-hoc comparisons indicated that both groups had significantly slower response time as the number of distracters increased within each condition. The results showed that the only difference that was not significant was between F5 and F15 ($p=1.00$). Overall, these results

⁷ There are two levels for Condition (Conjunction and Feature) and five levels for Number of distracters (5, 15, 25, 50 and 75).

suggest that both groups had slower response time when the number of distracters increases, particularly in the conjunction condition (see Figure 3 for between groups comparisons).

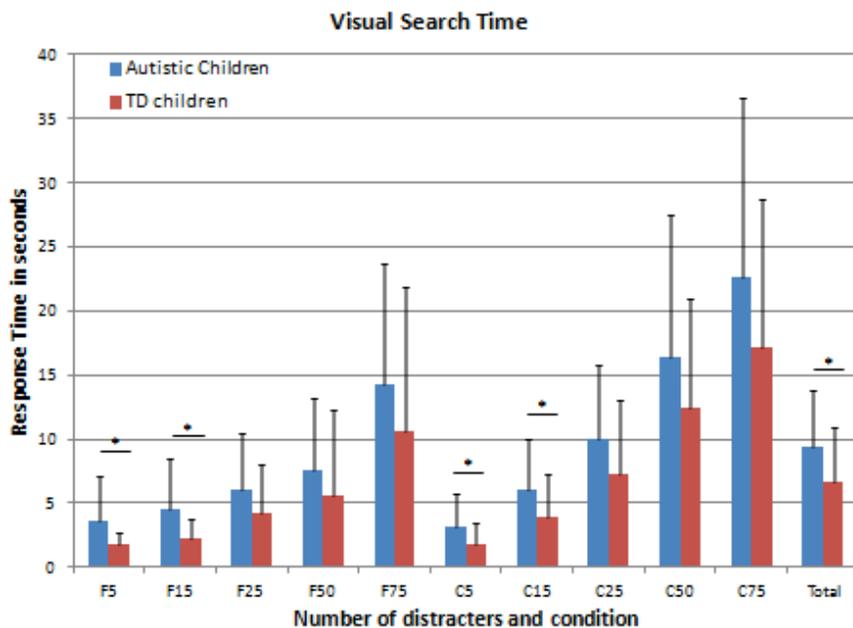


Figure 3. Mean Visual Search response times for each group and condition and for the total task. F= Feature; C=Conjunction; TD=Typically Developing; Children Embedded Figure Test (CEFT)

CEFT performance

Again, for this test an age-matched subsample was first created with all participants that were able to complete the CEFT (AS children: $n=22$; TD children: $n=26$). Independent T-tests showed that AS children did not differ from TD children on CEFT score (AS children: $M= 13.3, SD=4.9$; TD children: $M=13.54 SD=5.55$; $t(46) = -.11, p=.911$) or CEFT time (AS children: $M= 25.0, SD=11.5$; TD children: $M=20.2, SD=9.1$; $t(46)= 1.61, p=.113$). See Figure 4.

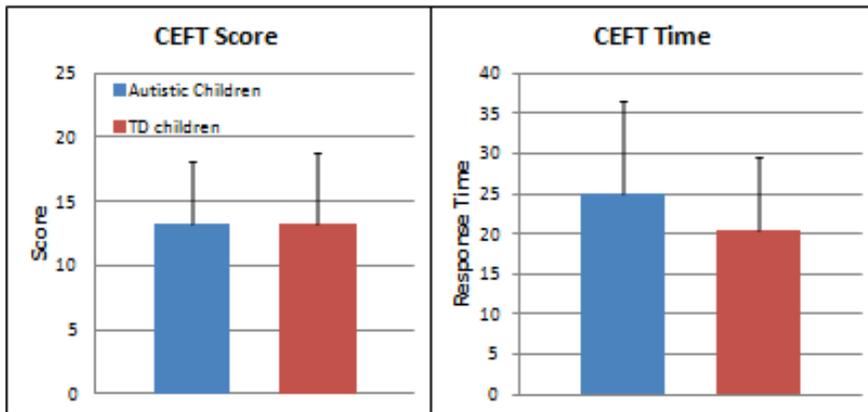


Figure 4. CEFT mean score (left) and CEFT mean response time for successful trials (right) for each group. Score is on a maximum of 25. Response time is in seconds. TD= Typically Developing

Comparisons and associations between tests

Comparisons between intelligence tests

In order to directly compare performance across tests, a Group X Test mixed ANOVA was done using performance in percentiles on each test. This led to the exclusion of two autistic children ($n=13$) and five typically developing children ($n=27$) that were too young for the norms. A significant Group X Test interaction was found (Wilks Lambda = .53, $F(2, 38)=16.80$, $p<.001$, $\eta_p^2=.47$). Post-hoc comparisons using paired T-tests for each group separately indicated that all tests significantly differed in both groups, with performance on the RCPM (AS children: $M=87^{\text{th}}$, $SD=28.3$; TD children: $M=92^{\text{th}}$, $SD=9.44$) being significantly higher than that on both WPPSI-IV (AS children: $M=31^{\text{st}}$, $SD=34.6$; TD children: $M=81^{\text{st}}$, $SD=18.72$) and MSEL (AS: $M=9^{\text{th}}$, $SD=16.8$; TD children: $M=64^{\text{th}}$, $SD=30.44$); as well as performance on the WPPSI-IV being significantly higher than that on MSEL (all p 's<.05).

To verify whether the magnitude of the differences between intelligence tests was, as predicted, greater in the AS group, difference variables were computed. Differences were indeed significantly greater in the AS group between WPPSI-IV and RCPM ($t(38) = 5.46$, $p < .001$; $d = 1.94$, 95% CI [22.44, 66.56]) and between MSEL and RCPM ($t(38) = 4.86$, $p < .001$; $d = 1.63$, 95% CI [28.77, 69.86]) compared to TD group. Differences between WPPSI-IV and MSEL were not significantly greater in one group or the other ($t(38) = .55$, $p = .502$) (see Figure 5). Since percentiles can be considered as ranked variables, non-parametric analysis were also conducted and similar results were obtained.

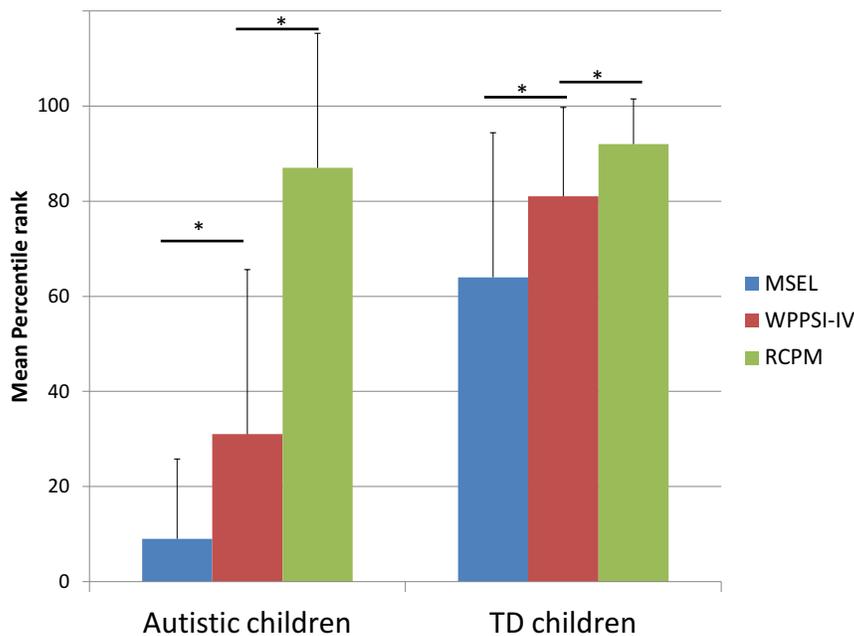


Figure 5. Mean percentile rank for each test and each group. *= $p < .05$; TD= Typically Developing; MSEL= Mullen Scales of Early Learning; WPPSI-IV= Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence-Fourth Edition; RCPM= Raven Color Progressive Matrices-Board-Form.

Since we hypothesized that AS children would have better performance in non-verbal subtests and subscales, we explored how the three intelligence tests compared with regard to assessment of non-verbal abilities. To do so, a mixed Group X Test ANOVA was done using WPPSI-IV *Block Design* subtest, MSEL *Visual Reception* subscale and RCPM (all in percentiles). Results indicated a significant interaction (Wilks Lambda = .84, $F(2, 38) = 3.65$, $p = .036$; $\eta_p^2 = .16$). Post-hoc comparisons, with applied Bonferroni corrections, indicated that MSEL *Visual Reception* subscale (AS children: $M = 24$ th, $SD = 32.6$; TD children: $M = 56$ th, $SD = 29.5$) was significantly lower than both WPPSI-IV *Block Design* (AS children: $M = 60$ th, $SD = 37.9$; TD children: $M = 80$ th, $SD = 19.0$) and RCPM (AS: $M = 87$ th, $SD = 28.3$; TD children: $M = 92$ th, $SD = 9.4$) in both groups (all p 's < .05). *Block Design* was also significantly lower than RCPM in both groups (both p 's < .05). There was a significant difference between groups on both *Block Design* and *Visual Reception* (both p 's < .05), while no difference was found between groups on RCPM ($p = .386$).

Association between Visual Search and Intelligence tests

Investigation of the association between the three IQ tests and VS performance was done using a subsample who completed the Visual Search and all three cognitive tests (AS: $n = 15$; TD: $n = 32$) and were also matched on age ($p = .085$) and RCPM ($p = .747$). Correlations were made between the three intelligence tests (MSEL and WPPSI IQ scores, RCPM raw score) and Visual Search mean time in second, while controlling for age. Bonferroni corrections were applied. In the AS group, a significant correlation was found between Visual search time and WPPSI-IV IQ score ($r(13) = -.83$, $p < .001$) and between Visual Search Time and MSEL IQ score ($r(13) = -.66$, $p = .011$). The relation between RCPM score and Visual

Search Time was non-significant ($r(13)=-.34, p=.240$). In the typically developing group, none of the cognitive test was significantly correlated to the Visual Search time (all p 's $>.470$).

Association between CEFT and Intelligence tests

As for the Visual Search, the analysis regarding the association between the CEFT performance and IQ tests was done using a subsample who completed the three intelligence tests and the CEFT (AS: $n=14$; TD: $n=32$) and that were matched on age ($p=.148$) and RCPM ($p=.302$). The analyses were done using CEFT score, while controlling for age. CEFT time was not used since time is calculated only for successful items, leading to a bias in the correlations. In both groups, none of the relationships between the interest variables was significant following Bonferroni corrections. However, in the AS group the correlations between RCPM and CEFT score ($r=.56, p=.048$) was large (Cohen, 1988) and significant before Bonferroni corrections, while all correlations in the TD group were small (all r between .18 and .23) and non-significant.

Discussion

Summary of findings

The present study replicated, in a sample of preschool-aged autistic children, our previous findings that autistic children perform better on strength-informed than on conventional assessment (Courchesne et al., 2015). The autistic preschoolers in the present sample even had similar performance to TD children on these three tests (RCPM, Visual Search Task and CEFT). Furthermore, since the strength-informed tests were used for *flexible*

testing we could not replicate the finding that strength-informed assessment significantly increases testability. However, our results show that testability, while being lower in the autistic group and positively linked to age in both groups, is not related to performance on intelligence tests. The present study also replicated the finding that discrepancies among and between intelligence tests are more important in the autistic population, but in a sample of preschoolers. The intellectual profile of our sample was indeed characterised by a significantly lower performance on MSEL than on WPPSI-IV and RCPM, and on WPPSI-IV than on RCPM, with greater discrepancies in the autistic group and differences between subscales/subtests mainly found in this latter group. We also partially replicated Courchesne et al. (2015) finding regarding the link between performance on Visual Search or CEFT and intelligence tests. We found that MSEL and WPPSI-IV correlated with Visual Search, while RCPM marginally correlated with CEFT, in the AS group only.

Testability

The results of the present study suggest that testability is an important issue when assessing young autistic children, in both clinical and research settings. First, since no association was found between testability and performance on the tests, a deficit should not be inferred systematically from inability or refusal to complete a given task. Indeed, the interpretation of «failures» is particularly challenging in this population. It is often unclear whether the child was unable to answer correctly because of an actual invalid response, a refusal to answer, an impossibility to attend to the task, a failure to understand what is asked, etc. (Eagle, 2003).

Though the reasons for dropout were not systematically recorded, the duration of the study (involving multiple visits to the hospital during weekdays, travelling time, etc.), as well as being confronted with the difficulties of their child (the child not responding, not doing what he is asked, etc.), were factors for some parents. Importantly, many parents told the experimenter that their child was usually able to do similar tasks at home, or that their child knew the answer to many items, etc. This kind of observation from the parents, or from other people who know the child, are common in assessment of autistic children (Eagle, 2003). Clinicians also find it challenging to assess young autistic children (Akshoomoff, 2006) and researchers tend to exclude children that are «untestable» from their studies. For example, many studies have inclusion criteria such as having an IQ higher than a certain value (e.g. Pellicano et al., 2006), which lead to the exclusion of participants that are unable to complete intellectual assessment and to an inevitable bias in the results. The proportion of autistic children that are actually «untestable» is hard to estimate since the number of participants excluded is not necessarily reported in the studies. Furthermore, when some participants are unable to complete the assessment despite meeting the inclusion criteria, the proportion of «untestable» children reported is necessarily lower than what was found in the present study where no exclusion criteria were applied. For example, Sutera et al. (2007) reported that approximately 14% of 2 years old AS children were untestable on the MSEL or Bayley Scales of Infant Development, which is more than two times lower than what was found in the present study (41% did not complete the MSEL).

These testability issues raise important considerations for experimental and clinical assessment with this population. It might be difficult to have access to the full potential of an

autistic child in an assessment setting (Eagle, 2003; Filipek et al., 1999), especially if the assessment is done in a single visit.

Cognitive profile

The present results suggest caution when choosing and interpreting tests at such a young age. In both groups, the MSEL depicted lower performance than other tests. Consequently, using the MSEL as a sole indicator of intellectual potential in either research or clinical setting could lead to an underestimation of the child's abilities and, in turn, be detrimental to the optimization of his potential. Furthermore, the stability of the MSEL was shown to be lower in autistic compared to non-autistic children, particularly for the verbal subscales (Chawarska, Klin, Paul, Macari, & Volkmar, 2009). Performance of autistic and TD children on both conventional tests was lower than on strength-informed tests, which raises questions regarding conventional intelligence assessment in general at such a young age.

Moreover, as it was shown in school-age children, teenagers and adults on the autism spectrum (Barbeau et al., 2013; Bölte et al., 2009; Charman et al., 2011; M. Dawson, Soulières, Gernsbacher, & Mottron, 2007; Nader, Courchesne, Dawson, & Soulières, 2014; Sahyoun et al., 2009), the present results replicate the finding that RPM is the test on which autistics perform the best. By replicating the Wechsler-RPM discrepancy among a preschool-aged sample, the present results therefore contribute to this now well established finding. Our results also suggest that the RPM is more representative of autistic individuals' maximal

potential than non-verbal subtests/subscales of other tests, thus reinforcing the relevance of including the RPM when assessing autistic children or adults.

AS children demonstrated good performance on Visual Search and CEFT in our study, but did not outperform TD children as in other studies. It could be the result of a matching issue, or a developmental effect. The AS children in our study performed as well as TD children in these two tasks, despite having on average a Wechsler IQ more than 30 points lower. This suggests better visual perceptual abilities in AS children than predicted based on their IQ. Alternatively, it is also possible that the superiority in perception is more important as the child ages and thus is not as evident during preschool years. As for the correlation between perception and intelligence that was previously found in autistic children and adults (Barbeau et al., 2013; Courchesne et al., 2015; Meilleur et al., 2014; Soulières, Zeffiro, et al., 2011), the present results suggest that it is also present during preschool years in autism. Despite the small sample size and the fact that testability issues might have particularly affected the results on the perceptual tasks (timed tasks on which attention level, motivation, etc. might have a bigger impact), some correlation with cognitive tests remained significant following Bonferroni corrections in the AS group, while none was significant in the TD group. Furthermore, correlations with IQ tests were systematically stronger in the AS group thus suggesting that perception plays a greater role in intelligence in autism. These results are in line with our previous findings and with the Enhanced Perceptual Functioning model of autism that suggests a generally greater role of perception in autistic cognition (Mottron, Dawson, Soulières, Hubert, & Burack, 2006).

Limitations and future directions

The present study replicates and extends our previous findings with minimally verbal school-aged autistic children (Courchesne et al. 2015). It figures amongst the first attempts to document intellectual profile of autistic children during preschool years. The data presented is thus preliminary by its nature, but is however sufficient to be informative regarding testability issues and cognitive profile.

The use of *flexible testing* leads to testability data that is not test-specific. For example, it is impossible to record the off-time task of each test and compare it, since as soon as the child became bored or uninterested we switched to another subtest/test. This assessment technique is however promising and may allow better testability. It will be of paramount importance to document this technique more systematically in future studies, for example by documenting how many switches are necessary for each child, or registering the time spent on each subscale and on each test in total. It will also be important to compare overall testing time using *flexible testing* versus conventional assessment. A replication of these findings with a bigger sample would allow gaining a more precise idea of the proportion of children that are «testable» during preschool years, and further documenting the testability relationship with age by testing the children over many time points. A larger sample followed over many years would also allow a further investigation of the development of the superiority in visual tasks in autism and its possible link with intellectual abilities. Furthermore, regarding the complexity of the tasks, in light of the counter-intuitive finding that more complex tasks or items are sometimes better performed than simpler ones, it would be relevant to specifically test this hypothesis empirically. Clinically, this finding could also be relevant and we encourage

clinicians to try more complex items even if the simpler ones were failed. Our understanding of cognitive development in autism is still sparse and research results strongly suggest that it may not follow the same rules as in typical development.

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. doi:10.1080/09297040500473714
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (Fifth ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Association.
- 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*.
- 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*, *122*(1), 295.
- 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*, 1362361314554920.
- Bayley, N., & Reuner, G. (2006). *Bayley scales of infant and toddler development: Bayley-III* (Vol. 7): Harcourt Assessment, Psych. Corporation.
- Bello, K. D., Goharpey, N., Crewther, S. G., & Crewther, D. P. (2008). A puzzle form of a non-verbal intelligence test gives significantly higher performance measures in children with severe intellectual disability. *BMC Pediatrics*, *8*, 30.

- Bishop, S. L., Guthrie, W., Coffing, M., & Lord, C. (2011). Convergent Validity of the Mullen Scales of Early Learning and the Differential Ability Scales in Children with Autism Spectrum Disorders. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities, 116*(5), 331-343.
- Bishop, S. L., Thurm, A., Farmer, C., & Lord, C. (2016). Autism Spectrum Disorder, Intellectual Disability, and Delayed Walking. *Pediatrics, 137*(3), e20152959.
- Bölte, S., Dziobek, I., & Poustka, F. (2009). Brief Report: The Level and Nature of Autistic Intelligence Revisited. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 39*(4), 678-682. doi:10.1007/s10803-008-0667-2
- Charman, T., Jones, C. R., Pickles, A., Simonoff, E., Baird, G., & Happé, F. (2011). Defining the cognitive phenotype of autism. *Brain research, 1380*, 10-21.
- Chawarska, K., Klin, A., Paul, R., Macari, S., & Volkmar, F. (2009). A prospective study of toddlers with ASD: short- term diagnostic and cognitive outcomes. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 50*(10), 1235-1245.
- Chawarska, K., Klin, A., & Volkmar, F. (2003). Automatic attention cueing through eye movement in 2- year- old children with Autism. *Child Development, 74*(4), 1108-1122.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Courchesne, V., Meilleur, A.-A. S., Poulin-Lord, M.-P., Dawson, M., & Soulières, I. (2015). Autistic children at risk of being underestimated: school-based pilot study of a strength-informed assessment. *Molecular autism, 6*(1), 12.

- Dawson, G., Rogers, S., Munson, J., Smith, M., Winter, J., Greenson, J., . . . Varley, J. (2010). Randomized, controlled trial of an intervention for toddlers with autism: the Early Start Denver Model. *Pediatrics*, *125*(1), e17-e23.
- Dawson, M., Soulières, I., Gernsbacher, A. M., & Mottron, L. (2007). The Level and Nature of Autistic Intelligence. *Psychological Science*, *18*(8), 657-662. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.01954.x
- Deary, I. J., Bell, P. J., Bell, A. J., Campbell, M. L., & Fazal, N. D. (2004). Sensory discrimination and intelligence: testing Spearman's other hypothesis. *The American Journal of Psychology*.
- Eagle, R. S. (2003). Accessing and assessing intelligence in individuals with lower functioning autism. *Journal on Developmental Disabilities*, *9*(2), 45-53.
- Filipek, P. A., Accardo, P. J., Baranek, G. T., Cook Jr, E. H., Dawson, G., Gordon, B., . . . Levy, S. E. (1999). The screening and diagnosis of autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *29*(6), 439-484.
- Grondhuis, S. N., & Mulick, J. A. (2013). Comparison of the Leiter International Performance Scale-Revised and the Stanford-Binet Intelligence Scales, in children with autism spectrum disorders. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, *118*(1), 44-54.
- Harris, S. L., Handleman, J. S., & Burton, J. L. (1991). The Stanford Binet profiles of young children with autism. *Special Services in the schools*, *6*(1-2), 135-143.
- 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.

- Hill, D., Saville, C. W., Kiely, S., Roberts, M. V., Boehm, S. G., Haenschel, C., & Klein, C. (2011). Early electro-cortical correlates of inspection time task performance. *Intelligence, 39*(5), 370-377.
- Jarrold, C., Gilchrist, I. D., & Bender, A. (2005). Embedded figures detection in autism and typical development: Preliminary evidence of a double dissociation in relationships with visual search. *Developmental Science, 8*(4), 344-351.
- Kaldy, Z., Giserman, I., Carter, A. S., & Blaser, E. (2016). The mechanisms underlying the ASD advantage in visual search. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 46*(5), 1513-1527.
- Kaldy, Z., Kraper, C., Carter, A. S., & Blaser, E. (2011). Toddlers with autism spectrum disorder are more successful at visual search than typically developing toddlers. *Developmental Science, 14*(5), 980-988.
- 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 Disorders, 41*(8), 1007-1018.
- Karp, S. A., & Konstadt, N. L. (1963). Manual for the Children's Embedded Figures Test.
- Limperopoulos, C., Majnemer, A., Steinbach, C. L., & Shevell, M. I. (2006). Equivalence reliability of the Vineland Adaptive Behavior Scale between in-person and telephone administration. *Physical & occupational therapy in pediatrics, 26*(1-2), 115-127.
- Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook Jr, E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., . . . Rutter, M. (2000). The Autism Diagnostic Observation Schedule—Generic: A standard

- measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(3), 205-223.
- Lord, C., Rutter, M., & Le Couteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(5), 659-685.
- Lord, C., & Schopler, E. (1989). The role of age at assessment, developmental level, and test in the stability of intelligence scores in young autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 19(4), 483-499.
- Mackintosh, N. (2011). *IQ and human intelligence*: Oxford University Press.
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2008). WISC-IV and WIAT-II profiles in children with high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(3), 428-439.
- Meilleur, A.-A. S., Berthiaume, C., Bertone, A., & Mottron, L. (2014). Autism-Specific Covariation in Perceptual Performances: «g» or «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., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced Perceptual Functioning in Autism: An Update, and Eight Principles of Autistic Perception. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 27-43. doi:10.1007/s10803-005-0040-7
- Mullen, E. M. (1995). *Mullen scales of early learning*: AGS Circle Pines, MN.

- Nader, A.-M., Courchesne, V., Dawson, M., & Soulières, I. (2014). Does WISC-IV Underestimate the Intelligence of Autistic Children? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-8.
- 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.
- Neisser, U., Boodoo, G., Bouchard Jr, T. J., Boykin, A. W., Brody, N., Ceci, S. J., . . . Sternberg, R. J. (1996). Intelligence: knowns and unknowns. *American psychologist*, 51(2), 77.
- O'riordan, M. A. (2004). Superior visual search in adults with autism. *Autism*, 8(3), 229-248.
- O'riordan, M. A., Plaisted, K. C., Driver, J., & Baron-Cohen, S. (2001). Superior visual search in autism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(3), 719-730. doi:10.1037/0096-1523.27.3.719
- Oliveras-Rentas, R., Kenworthy, L., Roberson, R., Martin, A., & Wallace, G. (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. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(5), 655-664. doi:10.1007/s10803-011-1289-7
- 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.

- Perreault, A., Gurnsey, R., Dawson, M., Mottron, L., & Bertone, A. (2011). Increased Sensitivity to Mirror Symmetry in Autism. *PLoS ONE*, *6*(4), e19519. doi:10.1371/journal.pone.0019519
- Pickett, E., Pullara, O., O'Grady, J., & Gordon, B. (2009). Speech acquisition in older nonverbal individuals with autism: a review of features, methods, and prognosis. *Cognitive and Behavioral Neurology*, *22*(1), 1-21.
- Pierce, K., Conant, D., Hazin, R., Stoner, R., & Desmond, J. (2011). Preference for geometric patterns early in life as a risk factor for autism. *Archives of general psychiatry*, *68*(1), 101-109.
- Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1998). *Raven Manual*. Oxford, England: Oxford Psychologists Press.
- Sahyoun, C. P., Soulières, I., Belliveau, J. W., Mottron, L., & Mody, M. (2009). Cognitive differences in pictorial reasoning between high-functioning autism and Asperger's syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(7), 1014-1023.
- 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. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rasd.2013.10.004
- Shah, A., & Holmes, N. (1985). Brief report: The use of the Leiter International Performance Scale with autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *15*(2), 195-203.
- 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).

- Soulières, I., Zeffiro, T. A., Girard, M. L., & Mottron, L. (2011). Enhanced mental image mapping in autism. *Neuropsychologia*, *49*(5), 848-857.
doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.01.027
- Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., & Balla, D. A. (2005). *Vineland adaptive behavior scales (2nd ed.)* (2 ed.). Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Sutera, S., Pandey, J., Esser, E. L., Rosenthal, M. A., Wilson, L. B., Barton, M., . . . Dumont-Mathieu, T. (2007). Predictors of optimal outcome in toddlers diagnosed with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *37*(1), 98-107.
- 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.
- Wallace, G. L., Anderson, M., & Happé, F. (2009). Brief report: Information processing speed is intact in autism but not correlated with measured intelligence. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(5), 809-814.
- 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), e1128-e1134.
- 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), 143-152.

Chapitre 4 : Exploration du lien entre les comportements stéréotypés et intérêts restreints et l'intelligence.

Contexte théorique

Comme mentionné au chapitre 1, étant donné la difficulté inhérente à l'évaluation des enfants autistes à l'âge préscolaire, l'identification d'indices observables sans que l'enfant n'ait à réaliser une tâche pourrait s'avérer utile pour estimer le potentiel intellectuel dès le jeune âge. Une avenue potentielle serait d'observer les comportements stéréotypés et intérêts restreints (CSIR), qui constituent le deuxième domaine nécessaire au diagnostic de SA et qui sont généralement observables à l'âge préscolaire. Certains auteurs se sont penchés sur le lien entre la présence de certains CSIR et l'intelligence (voir Chapitre 1 de la thèse), mais les conclusions demeurent mitigées sur le sujet. L'un des objectifs de la présente thèse était donc d'explorer les liens entre certains CSIR et les différents tests d'intelligence disponibles à l'âge préscolaire.

Méthodologie

Participants

Les participants pour cette étude sont un sous-groupe des participants de l'article 2. Il s'agit donc d'enfants autistes et d'enfants typiques d'âge préscolaire. Les critères d'inclusion/exclusion étaient également les mêmes que pour l'article 2. Ainsi, 27 enfants autistes et 25 enfants typiques appariés sur le plan de l'âge chronologique (Autistes: $M=46.9$ mois, $ET=11.16$; Typiques: $M=41.2$, $ET=13.6$; $p=.10$) ont complété la Situation de stimulation et de jeu de Montréal.

Outils d'évaluation:

La Situation de stimulation et de jeu de Montréal (SSJM)

La SSJM est une situation de jeu développée et validée par des chercheurs de l'Hôpital Rivière-des-Prairies et ayant pour but de susciter et d'observer les CSIR (voir: Jacques, 2011). La SSJM est composée de deux périodes de jeu libre, d'une période de jeu semi-libre et d'une période de jeu semi-structuré, pour un total d'environ 30 minutes. La SSJM se déroule dans une pièce remplie de jouets toujours placés au même endroit. L'enfant est accompagné par une psychoéducatrice lors de la passation et le parent se trouve derrière un miroir sans tain dans une pièce attenante. La psychoéducatrice active les jouets auxquels l'enfant s'intéresse lors de la période de jeu semi-libre et lui présente certains jouets dans un ordre précis lors de la période de jeu semi-structurée. Les jouets contenus dans la SSJM ont été sélectionnés par un groupe de cliniciens et de chercheurs experts en autisme pour leur attrait particulier auprès des enfants autistes (p.ex. leurs caractéristiques perceptives). La SSJM est filmée. Les comportements, de même que les jouets auxquels s'intéresse l'enfant sont ensuite codés. Pour tous les détails concernant la disposition de la salle, la liste des jouets, de même que le déroulement des différentes périodes de jeu, voir l'annexe 1.

Codification des vidéos

Les vidéos ont été codés à l'aide du logiciel Noldus Observer XT 11 © par deux codificatrices aveugles quant au groupe d'appartenance des enfants. Les codificatrices ont identifié les jouets touchés par l'enfant de même que la fréquence et la durée des comportements stéréotypés manifestés au cours de la SSJM. Les comportements ont été codés selon une grille d'observation (annexe 2) qui a également été élaborée via la consultation

d'experts en autisme (voir Jacques, 2011). Des accords inter juges ont été mesurés sur 30% des vidéos, sélectionnés aléatoirement et à l'insu des codificatrices. Un accord complet était défini par le fait que les deux codificatrices indiquent le même comportement ou le même jouet au même moment, avec une fenêtre de tolérance de trois secondes. Un accord partiel était défini par le fait que les deux codificatrices indiquent le même comportement ou le même jouet à plus de 3 secondes d'écart, ou qu'elles indiquent des comportements légèrement différents exactement au même moment (p.ex. met un objet sur sa joue versus met un objet dans sa bouche lorsque l'enfant met une balle texture sur son visage). Chaque comportement d'une catégorie étant dépendant des autres, puisqu'en tout temps il y a un comportement de chacune des catégories qui est « actif », les pourcentages d'accord ont été calculés sur l'ensemble des jouets, de même que sur les catégories contenant des CSIR d'intérêt (c.-à-d. « manipulation des objets » et « explorations visuelles »; voir la grille d'observation pour plus d'informations). Le pourcentage d'accord total moyen entre les codificatrices était de 61%, et variait de 50% à 78%, le pourcentage d'accord partiel moyen était de 71%, et variait de 58% à 89%. Ces pourcentages ont été considérés comme suffisants étant donné la durée (25-30 minutes cotées en continu), la nature des vidéos, c'est-à-dire que l'enfant est libre de se déplacer dans la pièce et la complexité de la grille d'observation (40 jouets et 20 comportements à coter dans ce cas).

Tests d'intelligence

Les tests d'intelligence utilisés pour explorer le lien entre les CSIR et l'intelligence sont les mêmes que pour l'article 2. Il s'agit donc du *Mullen Scales of Early Learning (MSEL)*, du *Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence (WPPSI-IV)*, et des *Matrices Progressives de Raven Couleur (RCPM)*. Pour la description des tests et plus de détails sur

leurs composantes, voir l'article 2 de la thèse. Tout comme pour l'article 2, ce ne sont pas tous les enfants qui ont pu compléter les 3 tests et donc des sous-échantillons ont été composés (voir détails plus bas).

Analyses préliminaires

Tel que mentionné dans la revue de littérature, certains CSIR ont été ciblés comme potentiellement reliés au QI. Il s'agit des explorations visuelles atypiques et plus particulièrement des regards latéraux, de l'alignement d'objets, du regroupement d'objets selon leurs aspects perceptifs (forme, couleur, etc.) et de l'intérêt pour les lettres. Afin d'explorer l'hypothèse du lien entre ces CSIR et l'intelligence, la variable «explorations visuelles atypiques» a été calculée en additionnant les comportements : «regard obstrué d'un objet», «regard obstrué des mains/doigts», «regard latéral d'un objet», «regard latéral des mains/doigts», «regard rapproché d'un objet», «regard rapproché des doigts/mains». La variable «regards latéraux» a été calculée en additionnant les comportements «regard latéral d'un objet» et «regard latéral des doigts/mains». Finalement, la variable «intérêt pour les lettres» a été calculée en additionnant les jouets «dictionnaire sans image», «dictionnaire imagé», «livres», «lettres et chiffres» et le comportement «écriture». Les comportements «regrouper des objets selon leurs caractéristiques perceptives» et «alignement d'objets» ont quant à eux été analysés de manière individuelle. La corrélation entre la durée totale de chacun des comportements/groupes de comportements et chacun des tests d'intelligence (MSEL, WPPSI-IV, RCPM) a ensuite été explorée en contrôlant pour l'âge au moment de la situation et en appliquant une correction de Bonferroni.

Résultats

Un sous-groupe de participants a été sélectionné pour chacun des tests d'intelligence, c'est-à-dire que seuls les participants ayant complété à la fois la SSJM et le test en question étaient inclus dans l'analyse. Ainsi, l'exploration du lien entre le MSEL et les CSIR identifiés a été effectuée sur un échantillon composé de 21 enfants autistes (Âge: $M=45.5$, $ET=10,1$) et 24 enfants suivant un développement typique (Âge: $M=41.5$, $ET=13,8$), appariés à l'âge ($p=.28$). Le QI moyen au MSEL était de 63.8 ($ET=17,9$) pour le groupe autiste et de 113,5 ($ET=19.3$), ($p<.001$). Dans les deux groupes, aucun des CSIR d'intérêt (explorations visuelles atypiques, regards latéraux, intérêt pour les lettres, regrouper des objets selon leurs caractéristiques perceptives, alignement d'objets) n'était significativement corrélé à la performance au MSEL suite aux corrections de Bonferroni (voir Tableau 1 pour les corrélations et les degrés de signification). Toutefois, avant les corrections le comportement « regrouper des objets selon leurs caractéristiques perceptives » était marginalement corrélé à la performance au MSEL chez les autistes ($p=.07$) et l'intérêt pour les lettres était significativement corrélé à la performance au MSEL chez les enfants typiques ($p=.03$).

Ensuite, l'échantillon ayant complété à la fois la SSJM et le WPPSI-IV était composé de 15 enfants autistes (Âge: $M=49.5$, $ET=12,9$) et de 18 enfants typiques (Âge: $M=46.7$, $ET=11,1$), encore une fois appariés à l'âge chronologique ($p=.51$). Le QI moyen au WPPSI-IV pour le groupe autiste était de 84, 6 ($ET=17,6$) et pour le groupe typique de 121.9 ($ET=12.5$), ($p<.001$). Dans les deux groupes, aucun des CSIR n'était significativement corrélé à la performance au WPPSI-IV (voir Tableau 1).

Enfin, un échantillon a été composé avec les enfants ayant complété la SSJM et les MPRC. Ce dernier échantillon était composé de 15 enfants autistes (Âge : $M=52.3$, $ET=10.9$) et de 18 enfants contrôles (Âge : $M=46.3$, $ET=11.7$), appariés à l'âge chronologique ($p=.14$). Le score moyen au Raven était de $20.5/36$ ($ET=7.4$) dans le groupe autiste et de $20.9/36$ ($ET=6.3$), les scores des deux groupes ne différaient pas significativement ($p=0.84$). Encore une fois, dans les deux groupes, aucun des CSIR n'était corrélé significativement au score aux MPRC (voir Tableau 1).

Tableau 1. Corrélations entre les tests d'intelligence et la durée totale des CSIR ciblés

| Test | Groupe | CSIR | <i>r</i> | <i>p</i> * |
|----------|-------------------|---------------------|----------|------------|
| MSEL | Autiste (n=21) | CEVA | -.06 | .82 |
| | | Regards latéraux | .02 | .95 |
| | | Intérêt lettres | -.09 | .71 |
| | | Regrouper perceptif | .41 | .07 |
| | | Alignement | .002 | .99 |
| | Typique (n=24) | CEVA | .17 | .45 |
| | | Regards latéraux | .09 | .70 |
| | | Intérêt lettres | .45 | .03 |
| | | Regrouper perceptif | .23 | .27 |
| | | Alignement | .20 | .35 |
| WPPSI-IV | Autiste (n=15) | CEVA | .15 | .62 |
| | | Regards latéraux | .13 | .66 |
| | | Intérêt lettres | .25 | .39 |
| | | Regrouper perceptif | .33 | .25 |
| | | Alignement | .27 | .36 |
| | Typique | CEVA | .23 | .36 |

| | | | | |
|------|-------------------|---------------------|------|-----|
| | (n=18) | Regards latéraux | .32 | .22 |
| | | Intérêt lettres | -.04 | .87 |
| | | Regrouper perceptif | .36 | .14 |
| | | Alignement | .25 | .33 |
| MPRC | Autiste (n=15) | CEVA | -.07 | .81 |
| | | Regards latéraux | .002 | .99 |
| | | Intérêt lettres | -.15 | .61 |
| | | Regrouper perceptif | .21 | .46 |
| | | Alignement | .27 | .34 |
| | Typique (n=18) | CEVA | -.15 | .56 |
| | | Regards latéraux | -.08 | .75 |
| | | Intérêt lettres | .14 | .56 |
| | | Regrouper perceptif | .09 | .72 |
| | | Alignement | -.03 | .90 |

Note. *le niveau alpha ajusté pour comparaisons multiples est de .01, la signification est donc fixée à $p < .01$. MSEL, Mullen Scales of Early Learning; WPPSI-IV, Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence, Fourth Edition; MPRC, Matrices Progressives de Raven Couleur; CSIR, Comportements stéréotypés et intérêts restreints; CEVA, Comportements d'exploration visuelle atypiques.

L'ensemble des analyses ont également été faites avec les fréquences des CSIR (plutôt qu'avec la durée totale), de même qu'à l'aide de corrélations de Spearman et les résultats étaient similaires. Le fait que certains résultats soient près de la signification statistique et que les corrélations correspondantes soient des corrélations moyennes pourrait indiquer qu'avec une meilleure puissance il aurait été possible d'identifier des CSIR reliés aux mesures d'intelligence chez les enfants autistes d'âge préscolaire. D'ailleurs, le fait que les seules corrélations qui sont près d'être significatives soient retrouvées en lien avec le MSEL, qui est le test pour lequel le nombre de sujets est le plus important soutient cette explication potentielle. D'ailleurs, selon les recommandations de Cohen (1992), à un niveau alpha de .01,

1163 paires de données sont nécessaires pour détecter une corrélation faible, 125 pour une corrélation moyenne et 41 pour une corrélation forte. Pour un niveau alpha de .05, il faut respectivement 783, 85 et 28 paires de données pour détecter une corrélation faible, moyenne et forte, ce qui représente des tailles d'échantillon plus importantes que celles qu'il a été possible d'obtenir. Ainsi, la question de la puissance statistique est centrale dans la poursuite de cet objectif exploratoire de la thèse. En effet, bien qu'un nombre relativement grand d'enfants autistes ait effectué la SSJM, tous n'ont pas nécessairement présenté tous les CSIR d'intérêt et tous n'ont pas nécessairement complété tous les tests d'intelligence. Ainsi, lorsque des corrélations sont effectuées entre un comportement (ou un intérêt) et les trois différents tests d'intelligence, deux principaux problèmes surviennent. Premièrement, la taille de l'échantillon est souvent très petite puisque l'analyse est faite uniquement pour les enfants ayant complété la SSJM et le test en question. Deuxièmement, tous les enfants qui n'ont pas présenté le comportement en question ont le même score pour ce comportement, soit «0», ce qui mène à une distribution incompatible avec l'utilisation de corrélations. De plus, ce problème est présent tant pour la durée que pour la fréquence des CSIR. Afin de pallier cette difficulté concernant la distribution, des tests-t ont été tentés en séparant les enfants n'ayant pas présenté le comportement ciblé (score de zéro) et ceux l'ayant présenté, pour ensuite comparer ces deux groupes sur les tests d'intelligence. Or, cette technique a mené à la formation de groupes contenant un nombre encore plus petit d'enfants et n'étant pas suffisamment grands pour mettre en évidence des différences statistiquement significatives.

Chapitre 5 : Discussion

Rappel des objectifs et des résultats

L'objectif général de la présente thèse était d'identifier des indicateurs perceptifs et comportementaux de l'intelligence autistique pouvant être identifiés dès l'âge du diagnostic et sans égard au niveau de fonctionnement de l'enfant. Pour ce faire, il était préalablement nécessaire de documenter le profil intellectuel d'enfants autistes sur les tests d'intelligence existants.

Documentation du profil intellectuel chez les enfants autistes

Le profil intellectuel d'enfants autistes minimalement verbaux d'âge scolaire a donc été documenté sur les échelles d'intelligence de Wechsler pour enfants (WISC-IV), les Matrices progressives de Raven version couleur encastrable (MPRC) et le Leiter-R pour un sous-groupe d'enfants (article 1). Les résultats ont montré que 65% des enfants testés obtenaient un score situé à l'intérieur des limites de l'intelligence normale (>5e percentile) lorsqu'ils étaient évalués à l'aide des MPRC, alors qu'aucun n'a pu compléter le WISC-IV. Le sous-groupe ayant également complété le Leiter-R (n=7) ont obtenu des scores plus bas à ce test qu'aux MPRC. Ensuite, le profil intellectuel d'enfants autistes d'âge préscolaire de tous les niveaux de fonctionnement a été investigué à l'aide du Mullen Scales of Early Learning (MSEL), des échelles de Wechsler pour l'âge préscolaire et primaire (WPPSI-IV) et des Matrices progressives de Raven version couleur encastrable (MPRC) (article 2). Les résultats ont démontré que pour les enfants qui ont pu compléter les trois tests d'intelligence, la performance au MSEL était significativement inférieure à celle au WPPSI-IV et que la performance au WPPSI-IV était elle aussi inférieure à celle aux MPRC.

Testabilité des enfants autistes

Un deuxième objectif préalable à l'identification d'indicateurs de l'intelligence a été la documentation de la testabilité. Il s'est en effet avéré primordial de documenter quels tests permettaient d'évaluer le potentiel intellectuel des enfants à l'étude et pouvaient ainsi être utilisés pour documenter des indices comportementaux ou perceptifs de l'intelligence. Ainsi, au sein de l'échantillon d'enfants autistes d'âge scolaire minimalement verbaux (article 1), les MPRC permettaient d'évaluer 87% des enfants alors que le WPPSI-IV n'a permis d'évaluer aucun de ces enfants. De plus, les tests perceptifs utilisés (Recherche visuelle et Children Embedded Figure Test (CEFT)) résultaient en un gain en testabilité. La tâche de Recherche visuelle et le CEFT ont donc permis respectivement d'évaluer 90% et 87% des enfants de l'échantillon. Pour les enfants autistes d'âge préscolaire (article 2), la testabilité n'a pas pu être investiguée de la même façon puisque les raisons pour lesquelles certains tests n'étaient pas complétés n'était pas toujours une incapacité de l'enfant à compléter le test. Ainsi, pour cette deuxième étude, différents ratios de testabilité ont été calculés (tests ou sous-tests complétés/nombre de séances ou nombre de tests tentés) et mis en lien avec d'autres variables. Ces analyses ont mis en évidence que 1- la testabilité augmente avec l'âge tant chez les autistes que chez les non-autistes, que 2- les enfants autistes d'âge préscolaire sont plus difficiles à évaluer que les enfants non-autistes du même âge chronologique et que 3- la testabilité n'est pas corrélée à la performance aux différents tests d'intelligence.

Identification d'indicateurs perceptifs de l'intelligence chez les enfants autistes

Les tests perceptifs qui ont servi à la poursuite de cet objectif sont deux tests pour lesquels les autistes sont reconnus comme présentant des forces, soit 1-une tâche de recherche visuelle avec des lettres comme cibles et comme distracteurs et 2- la tâche des figures cachées pour enfants (CEFT). Les enfants autistes des deux échantillons ont réussi les tests perceptifs de manière similaire aux non-autistes appariés aux MPRC. Plus particulièrement, les performances étaient similaires dans les deux groupes pour les deux tests, sauf pour le temps de réponse au CEFT qui était meilleur chez les autistes minimalement verbaux que chez les non-autistes du même âge (article 1) et le temps de recherche visuelle pour les conditions les plus faciles (5 et 15 distracteurs) qui était plus grand chez les autistes d'âge préscolaire que chez les non-autistes du même âge (article 2). Ensuite, en plus de permettre un gain en testabilité, ces tests se sont avérés généralement plus fortement corrélés à la performance aux tests d'intelligence chez les autistes. Ainsi, chez les autistes minimalement verbaux d'âge scolaire (article 1), la performance aux deux tests perceptifs était corrélée significativement à la performance aux MPCR dans le groupe autiste alors qu'elle ne l'était pas dans le groupe non-autiste pour la tâche de recherche visuelle et qu'elle l'était moins fortement pour le CEFT. Chez les autistes d'âge préscolaire (article 2), la tâche de recherche visuelle était corrélée significativement à deux des trois tests d'intelligence (MSEL et WPPSI-IV, mais pas MPRC) et la performance au CEFT était marginalement corrélée aux MPRC, mais pas au MSEL ou au WPPSI-IV.

Identification d'indicateurs comportementaux de l'intelligence chez les enfants autistes: objectif exploratoire

L'un des objectifs de la présente thèse était d'explorer si certains comportements stéréotypés et intérêts restreints (CSIR) pouvaient servir d'indicateurs d'intelligence. Puisque ces comportements sont apparents dès l'âge du diagnostic et que leur observation peut se faire sans effectuer un test standardisé, démontrer un lien entre certains CSIR et le potentiel intellectuel pourrait être particulièrement utile lorsque l'enfant ne peut compléter les tests d'intelligence. Les résultats des analyses pour cet objectif exploratoire n'ont cependant pas pu mettre en lumière de lien entre les CSIR inclus dans la grille d'observation (voir annexe 2) et les trois tests intellectuels effectués (MSEL, WPPSI-IV et MPRC) dans un échantillon d'enfants autistes d'âge préscolaire.

Discussion générale

Écarts entre les tests d'intelligence

Les résultats des deux études de la présente thèse mettent en lumière des écarts importants entre les différents tests d'intelligence à la fois chez les autistes d'âge préscolaire et chez les autistes minimalement verbaux d'âge scolaire. Ainsi, nos résultats montrent que les tests d'intelligence représentent le potentiel intellectuel de la majorité des personnes autistes de manière très différente et que des écarts faisant passer la personne d'une catégorie à l'autre (ex: une personne qui est considérée dans l'intervalle de la déficience modérée sur un test et dans l'intervalle de l'intelligence moyenne sur un autre) sont non seulement fréquents, mais pourraient en fait être la norme au sein cette population (Nader et al., 2014). Plus

spécifiquement, les Matrices Progressives de Raven (MPR) ressortent dans nos deux échantillons comme le test sur lequel les personnes autistes obtiennent systématiquement les meilleurs résultats. Il semble donc que le format de ce test est spécialement adapté au raisonnement autistique. De surcroît, la version couleur encastrable des MPR a permis de contourner certaines difficultés des enfants autistes, telles que l'incapacité de pointer ou l'incompréhension des consignes verbales, ce qui rend cette version du test particulièrement adaptée pour l'évaluation d'enfants autistes très jeunes ou minimalement verbaux. Les différentes versions des MPR permettent d'apprécier le potentiel de raisonnement maximal des personnes autistes, c'est-à-dire lorsqu'elles sont placées dans les conditions idéales. Les résultats des deux études semblent aussi corroborer le fait que la performance aux MPR est plus élevée qu'aux autres tests ou sous-tests non-verbaux. En effet, l'étude 1 a permis de démontrer qu'une proportion beaucoup plus importante d'enfants autistes minimalement verbaux pouvait compléter les MPR (87%) comparativement à la proportion qui était en mesure de compléter les sous-tests *Blocs* (13%) ou *Matrices* (20%) des échelles de Wechsler. Puis, l'étude 1 a également permis de démontrer que pour les 7 enfants ayant complété le Leiter-R, au moins 5⁸ obtenaient des scores plus élevés aux MPR. Quant à l'étude 2, la supériorité des scores aux MPR a également pu être mise en évidence en comparant les scores des enfants ayant pu compléter les 3 tests intellectuels (MSEL, WPPSI-IV et MPRC). Le score aux MPR est donc significativement plus élevé que celui à l'échelle de *Réception visuelle* du MSEL et que celui au sous-test *Blocs* du WPPSI-IV.

⁸ Les deux autres enfants ont obtenu un score en deçà du 5e percentile aux MPR rendant impossible la comparaison entre les deux tests puisque les MPR ne discriminent pas en-deçà du 5e percentile. Ils ont respectivement obtenu des scores au 2e et au .01^e percentile au Leiter-R.

Une considération importante doit toutefois être faite concernant les normes des MPR. Les normes de toutes les versions des MPR sont très anciennes. Ainsi, les normes utilisées pour l'article 2 (enfants d'âge scolaire) sont des normes faites aux États-Unis datant de 1986 (Raven et al., 1998) et celles utilisées pour l'article 2 datent de 1982 et ont été faites aux Pays-Bas. Ces dernières normes ont été utilisées ici, car ce sont celles qui couvrent l'âge le plus bas (elles débutent à 3 ans 9 mois) (Raven et al., 1998). Puisqu'il est maintenant bien établi que les scores de QI tendent à augmenter avec les années (voir: Trahan, Stuebing, Fletcher, & Hiscock, 2014 pour une méta-analyse), phénomène appelé «effet Flynn», l'âge des normes des MPR pourrait potentiellement entraîner une surestimation du potentiel intellectuel (Neisser, 1998). Afin de pallier cette problématique, les scores bruts ont été utilisés chaque fois que cela était possible. En effet, puisque dans les deux échantillons étudiés les groupes étaient appariés à l'âge chronologique et que la distribution des scores bruts ne comportait pas d'effet plafond ou plancher, ceux-ci étaient plus représentatifs de la performance des enfants. Lorsque les scores étaient transformés en percentiles, un effet plafond était évident, particulièrement dans le groupe non-autiste d'âge préscolaire. Ainsi, les scores en percentiles ont été utilisés uniquement dans l'article 2 pour les analyses visant à comparer les scores aux différents tests et nécessitant donc une échelle de mesure commune. Pour ces analyses, un écart significatif entre le score obtenu aux échelles de Wechsler et celui obtenu aux MPR a été mis en évidence tant chez les autistes que chez les non-autistes (MPRC>WPPSI-IV). Toutefois, l'écart entre ces deux tests était significativement plus grand dans le groupe autiste, suggérant ainsi une plus grande disparité entre les tests d'intelligence au sein du SA que dans la population non-autiste.

Les résultats de l'article 2 ont également permis d'identifier le MSEL comme le test auquel les enfants autistes et les enfants non-autistes obtiennent la performance la plus basse. Or, le MSEL est largement utilisé comme mesure du potentiel intellectuel dans les études portant sur les enfants autistes d'âge préscolaire (p.ex. Landa & Garrett-Mayer, 2006; Munson et al., 2008). Les présents résultats impliquent donc une possible sous-estimation du potentiel lorsqu'il est mesuré à l'aide de ce test. Munson et al. (2008) soulèvent d'ailleurs qu'une proportion importante d'enfants autistes obtiennent un résultat plancher sur les différentes sous-échelles du MSEL. Dans leur échantillon de 456 enfants autistes d'âge préscolaire, 59% obtiennent un score plancher (QI =55) à l'échelle *Réception Visuelle*, 72% à l'échelle *Motricité Fine*, 80% à l'échelle *Langage Réceptif* et 76% à l'échelle *Langage Expressif*. Ces proportions sont plus importantes que celles que nous avons retrouvées dans notre échantillon de 32 enfants autistes ayant complété le MSEL. Or, en incluant tous les enfants autistes ayant participé à l'étude, c'est-à-dire ceux pour lesquels il a été possible d'obtenir un score valide sur le MSEL et ceux pour lesquels l'administration a été impossible, les proportions sont très similaires à celles retrouvées par Munson et al. (2008). En effet, 59% des enfants autistes de notre échantillon ont obtenu un score plancher à l'échelle *Réception Visuelle*, 67% à l'échelle *Motricité Fine*, 76% à l'échelle *Langage Réceptif* et 81% à l'échelle *Langage Expressif*. Des difficultés particulières sont de surcroît notables dans l'administration de ce test auprès d'enfants autistes. Il est souvent difficile d'établir un score de base (3 items consécutifs réussis) et d'atteindre un score maximal (3 scores de zéro consécutifs) aux différentes échelles auprès de ces enfants. Il a en effet été fréquemment observé qu'un enfant échoue 2 items, puis réussisse le suivant ou à l'inverse qu'il réussisse deux items considérés comme plus avancés, mais qu'il échoue l'item précédent (considéré comme plus facile et nécessaire à l'établissement

d'un score basal). Ce profil de réponse a pour effet d'allonger considérablement le temps d'administration puisque dans ces cas 3 autres items devront être tentés. Cette difficulté d'administration, principalement identifiée chez les enfants autistes dans l'étude 2, pourrait découler du fait que les consignes/demandes changent entre chacun des items de la même sous-échelle du MSEL, ce qui pourrait affecter de manière plus importante les autistes. En effet, la compréhension des consignes et de ce qui est attendu de lui pour chaque item est plus ardue pour ces enfants qui ont, par définition, des anomalies/retards au niveau du langage (APA, 2013). De plus, l'ordre des items des échelles développementales telles que le MSEL est déterminé en fonction du développement normatif et peut donc ne pas être adapté au développement des enfants autistes. Certains auteurs soulèvent que les enfants autistes présentent un niveau plus important de «déviance développementale» que des enfants ayant un retard de langage, par exemple (Hare-Harris et al., 2016). Une distinction est d'ailleurs faite dans la littérature entre la «déviance développementale», où l'enfant développe des habiletés dans un ordre déviant de la norme, du «retard développemental», où l'enfant n'a pas acquis les habiletés correspondant à son âge chronologique, ni les suivantes (Eagle, 2003; Hare-Harris et al., 2016). Ces difficultés quant à l'administration des tests mettent en lumière un aspect important et intrinsèquement lié aux écarts retrouvés entre les tests, celui de la testabilité au sein de la population autiste.

Testabilité

L'interprétation des échecs aux items des tests

La question de la testabilité est indissociable de l'évaluation du potentiel de raisonnement chez les enfants autistes. Il s'est avéré impossible de faire fi de cette variable lors

de l'évaluation des enfants autistes d'âge préscolaire ou minimalement verbaux. Il est en effet insuffisant de simplement déterminer si oui ou non l'enfant obtient la bonne réponse et d'ensuite comparer sur quels tests les enfants obtiennent une meilleure performance. L'interprétation des échecs est particulièrement difficile dans cette population puisque de nombreux facteurs peuvent faire en sorte que l'enfant échoue un item. Le contexte d'évaluation en soi (hors de la routine de l'enfant, nouvel environnement, interactions avec un inconnu, etc.) peut être particulièrement anxiogène pour un enfant autiste puisque les changements de ce type sont reliés à l'anxiété (Gotham et al., 2013). Une difficulté d'attention, souvent retrouvée en autisme (Geurts, Verté, Oosterlaan, Roeyers, & Sergeant, 2004), peut mener à une incapacité à demeurer concentré suffisamment longtemps pour effectuer les tests. D'ailleurs, à cet âge les enfants n'ont souvent pas été habitués à demeurer assis pour effectuer une tâche et écouter des consignes pendant des périodes prolongées. Des difficultés inhérentes au diagnostic (difficultés/retards de langage, difficultés dans la compréhension des signaux non-verbaux du langage) (APA, 2013) et les difficultés dans certains domaines spécifiques tels que l'imitation (Rogers, Hepburn, Stackhouse, & Wehner, 2003), l'attention conjointe (Charman, 2003; G. Dawson et al., 2004; Mundy, Sigman, & Kasari, 1990) et la capacité de pointer (Leekam et al., 2000; Sigman, Mundy, Sherman, & Ungerer, 1986) peuvent nuire à la compréhension des consignes et à la production d'une réponse. Par exemple, dans le sous-test *Blocs* des échelles de Wechsler et dans certains items de l'échelle de *Motricité Fine* dans le MSEL, l'enfant doit imiter la construction ou le dessin de l'expérimentateur. Il a été observé lors de nos études que les enfants autistes étaient peu intéressés à imiter l'administrateur et s'amusaient plutôt à faire leurs propres constructions avec les blocs ou les crayons de la manière qui leur plaisait. D'ailleurs, certains auteurs suggèrent que les personnes autistes ont

une moins grande «motivation sociale», ce qui impliquerait qu'ils cherchent moins à plaire aux autres (Chevallier, Kohls, Troiani, Brodtkin, & Schultz, 2012; Chevallier, Molesworth, & Happe, 2012). Plusieurs parents ayant assisté à l'évaluation des enfants de l'étude 2 ont d'ailleurs rapporté que leur enfant était en mesure de faire la tâche demandée, mais que contrairement aux enfants non-autistes, il ne compléterait la tâche que s'il en a envie et non pour plaire ou obéir à son parent ou à l'administrateur.

Puis, de nombreux sous-tests du MSEL et du WPPSI-IV nécessitent que l'enfant pointe une réponse (ou nomme verbalement son choix de réponse), deux capacités qui peuvent être altérées ou retardées chez les enfants autistes. Il a par exemple été observé lors de l'étude 2 que plusieurs enfants autistes échouaient les items simples de pairage de l'échelle de *Réception visuelle* du MSEL, alors qu'ils réussissaient des items considérés plus complexes, pour lesquels la réponse peut être fournie sans pointer. En effet, pour ces derniers items on donne un carton avec une image à l'enfant et il doit repérer l'image identique sur la feuille devant lui, alors que pour les items précédents la réponse doit être pointée. Cette observation, en plus d'illustrer concrètement le concept de «déviance développementale» discuté ci-haut, illustre bien le défi que pose l'interprétation des échecs dans les tests standardisés en autisme (Eagle, 2003). Dans de tels cas, il devient très difficile de savoir si l'enfant a réellement échoué l'item ou s'il n'a tout simplement pas été en mesure de fournir une réponse. D'ailleurs, afin de vérifier la cause de l'échec à certains items, une modalité de réponse alternative a été fournie aux participants non-verbaux ou incapables de pointer dans nos deux études. Un (ou des) jeton leur a été fourni pour qu'ils puissent indiquer leur choix de réponse au sous-test *Concept en images* du WISC-IV, par exemple.

Ensuite, des aspects de la tâche peuvent être dérangementants pour certains enfants autistes, ou alors ils peuvent percevoir la tâche d'une tout autre façon et porter leur attention sur un aspect de la tâche qui n'est pas celui qui est «saillant» pour les non-autistes (Eagle, 2003). Par exemple, dans l'un des sous-tests de pairage de l'échelle de *Réception Visuelle* du MSEL, les images à appairer sont des lettres. Un de nos participants autistes a échoué cette tâche, car il identifiait systématiquement les «P», lettre qu'il aimait particulièrement. Un autre exemple de ce type de difficulté dans l'évaluation des enfants autistes est survenu lors de nos études dans la version encastrable des MPRC, où plusieurs enfants autistes refusaient «d'enlever» une des pièces pour la mettre dans la matrice. Ainsi, il est arrivé que lorsque l'administrateur tentait de démontrer la tâche en plaçant une pièce dans la Matrice, l'enfant pousse sa main et «replaces» la pièce à sa place d'origine dans la boîte (voir Figure 4).

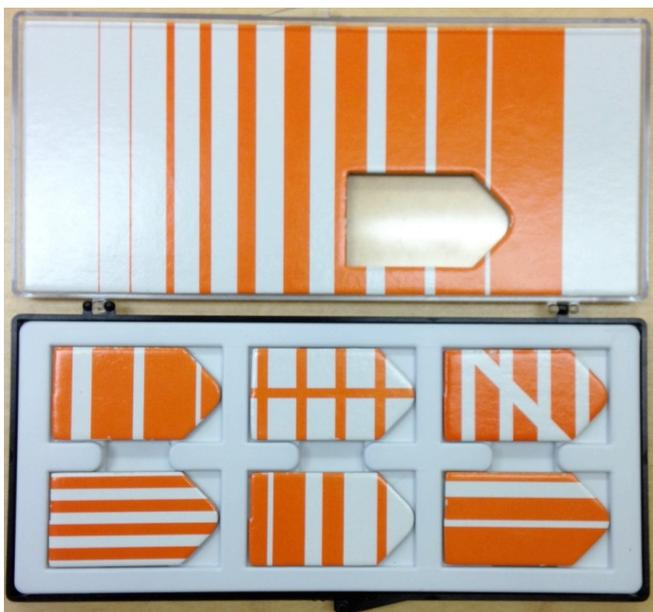


Figure 4. Exemple d'item de la version encastrable des Matrices Progressives de Raven Couleur.

Liens entre la testabilité, l'âge et la performance

Tel que discuté dans la section précédente, être «non-testable» à un item, à une sous-échelle ou même à un test complet ne peut être simplement interprété comme un score de zéro et donc un déficit dans les habiletés évaluées. Les résultats de nos deux études démontrent que le fonctionnement apparent de l'enfant n'est pas garant de son potentiel de raisonnement. En effet, les enfants minimalement verbaux de l'étude 1 étaient tous «non-évaluables» avec les tests d'intelligence traditionnels et avaient tous des difficultés importantes et cliniquement significatives sur le plan du fonctionnement adaptatif. Pourtant, à des tests plus adaptés à leur style cognitif (basés sur leurs forces), la majorité d'entre eux ont obtenu un score bien au-delà de ce qui était attendu compte tenu de ces limitations. Dans l'étude 2, il a été possible de démontrer une absence de lien entre la testabilité et la performance aux tests, ce qui permet de corroborer le fait que «non-testable» n'est pas nécessairement synonyme de déficit dans la population autiste. De plus, l'étude 2 a permis de démontrer que la testabilité croît avec l'âge et ce, tant chez les enfants autistes que non-autistes. Des difficultés lors de l'évaluation sont donc inévitables lorsque l'on travaille auprès de jeunes enfants, que ce soit en clinique ou en recherche.

Liens entre les tests utilisés et la testabilité

Certains tests augmentent considérablement la testabilité chez les enfants autistes. L'article 1 a en effet pu mettre en lumière que la version encastrable des Matrices Progressives de Raven Couleur permet d'évaluer une très grande proportion d'enfants autistes minimalement verbaux alors qu'il est impossible de les évaluer à l'aide des échelles de Wechsler pour enfants. De surcroît, même les sous-tests non-verbaux des échelles de Wechsler

se sont avérés impossibles à administrer auprès de la majorité de notre échantillon, ce qui suppose que ces sous-tests, bien que non-verbaux, ne sont pas aussi bien adaptés au style cognitif des enfants autistes que les MPCR. Entre autres, plusieurs de ces sous-tests reposent sur des habiletés langagières pour comprendre la consigne ou être en mesure de fournir une réponse. C'est le cas des sous-tests *Blocs* et *Concepts en images*, par exemple (Wechsler, 2003). D'ailleurs, dans notre échantillon d'enfants autistes d'âge préscolaire, la version encastrable des MPRC permettait aux enfants autistes d'obtenir une meilleure performance que le sous-test *Matrices* des échelles de Wechsler. Cette version des Matrices Progressives de Raven a été démontrée comme plus adaptée et permettant une meilleure performance que la version couleur traditionnelle dans un échantillon d'enfants autistes, d'enfants ayant le syndrome de Down et d'enfants ayant une déficience intellectuelle, alors qu'aucune différence de performance n'était retrouvée chez les enfants suivant un développement typique (Bello, Goharpey, Crewther, & Crewther, 2008). Ensuite, les tests d'intelligence qui sont entièrement non-verbaux sont utilisés dans les milieux cliniques au Québec, mais très peu de recherches se sont penchées sur la comparaison de ces tests aux autres tests d'intelligence. Par exemple, le Universal Tests on Nonverbal Intelligence (UNIT), dont la deuxième version a été publiée l'an dernier (Bracken & McCallum, 2015), est utilisé dans certaines écoles au Québec auprès d'enfants autistes non-verbaux ou minimalement verbaux. Or, son administration nécessite un ensemble de signes servant de consignes non-verbales, ce qui peut être tout aussi problématique que des consignes verbales puisque ces aspects de la communication sont également partie intégrante du diagnostic de SA (APA, 2013). Eagle (2003) mentionne d'ailleurs avoir observé que les enfants autistes minimalement verbaux ont souvent du mal à comprendre les consignes non-verbales du Leiter-R et l'ajout de consignes verbales améliore la

compréhension pour plusieurs enfants. Il peut donc être argumenté que l'avantage des MPRC encastrables réside dans le fait que la tâche peut être comprise quasi sans indications verbales ou non-verbales puisque toutes les informations nécessaires pour compléter la tâche sont accessibles en tout temps. Aussi, cette forme du test semblait particulièrement attirante pour les enfants, tant dans l'étude 1 que dans l'étude 2 et tant pour les enfants autistes que non-autistes. En effet, les enfants démontraient un intérêt envers ce test, ils demandaient à voir la prochaine boîte, voulaient manipuler eux-mêmes les boîtes et «ranger» les pièces ensuite, etc. Pour toutes ces raisons, cette version des MPRC semble prometteuse pour augmenter la testabilité auprès des enfants autistes et obtenir une estimation de leur potentiel maximal. Quant aux tests perceptifs utilisés dans l'étude 1 et 2 (Recherche Visuelle et CEFT), ils ont permis d'évaluer une proportion d'enfants autistes minimalement verbaux similaire à la proportion qu'il a été possible d'évaluer avec les MPCR, ce qui représente un gain considérable sur le plan de la testabilité. Chez les enfants autistes d'âge préscolaire, les informations quant aux raisons de non-complétion des tests sont insuffisantes pour conclure relativement au gain en testabilité que les tests perceptifs ont permis ou non. En effet, puisque pour cette deuxième étude les parents se déplaçaient pour venir participer, certains ont abandonné l'étude avant que tous les tests aient pu être tentés. Il est donc difficile de déterminer si ces abandons étaient ou non reliés à la difficulté de tester l'enfant, ce qui rend impossible le calcul de proportion d'enfants qui étaient «non-testables» pour chacun des tests. Ensuite, tout comme pour les MPCR, le test de Recherche Visuelle semble avoir suscité un intérêt particulier chez certains enfants minimalement verbaux. Il a en effet été observé que certains enfants étaient très motivés par cette tâche et repoussaient même la main de leur éducatrice qui tentait de leur donner le renforcement alimentaire auquel ils étaient habitués lors de la production d'une

réponse. Les tests perceptifs semblent donc prometteurs pour augmenter la testabilité au sein de la population autiste, mais plus d'études seront nécessaires pour bien documenter ce gain potentiel. Puis, un gain en testabilité est nécessaire, mais non suffisant pour justifier l'utilisation de tests perceptifs dans l'évaluation du potentiel intellectuel des personnes autistes. En effet, pour que cela soit pertinent, il faut également que les habiletés perceptives soient reliées au potentiel intellectuel.

Indicateurs perceptifs de l'intelligence autistique

Premièrement, les résultats des deux études de la présente thèse contribuent à confirmer que les forces en perception visuelle retrouvées en autisme sont robustes et probablement présentes dans l'ensemble du SA et ce, dès l'âge du diagnostic. En effet, tant dans l'échantillon d'enfants autistes minimalement verbaux d'âge scolaire que dans celui d'enfants autistes d'âge préscolaire, les habiletés de perception visuelles mesurées se sont avérées similaires ou même supérieures à celles des enfants suivant un développement typique. Ces habiletés de perception constituent donc un pic d'habileté chez ces enfants autistes, c'est-à-dire que leur performance à ces tâches était largement au-delà de ce qui pourrait être attendu compte tenu de leur niveau de fonctionnement intellectuel global (lorsque mesuré à l'aide des tests traditionnels) et de leur niveau de fonctionnement adaptatif. Ces résultats s'inscrivent ainsi en continuité avec les supériorités en perception qui ont été retrouvées chez les enfants, les adolescents et les adultes autistes, généralement sans déficience intellectuelle (Mottron et al., 2006; Simmons et al., 2009).

Deuxièmement, pour ce qui est du lien entre les habiletés perceptives et l'intelligence en autisme, il semble également être robuste, être présent à tous les âges et dans l'ensemble du SA. Par contre, le lien entre les habiletés de perception visuelle et l'intelligence chez les enfants autistes d'âge préscolaire s'est avéré moins clair que chez les autistes plus âgés. L'administration des tâches perceptives a été plus ardue auprès de cette partie de la population autistique. Il est donc possible que les difficultés relatives à la testabilité mentionnées ci-haut aient pu avoir un impact plus grand sur les tâches perceptives, puisqu'elles sont chronométrées et donc grandement influencées par la capacité de l'enfant à demeurer assis, à se concentrer sur la tâche, etc. De plus en plus de résultats de recherche suggèrent que la perception joue un rôle plus important dans la cognition autistique que dans celle des non-autistes. Ainsi, dans les deux études de la présente thèse, les corrélations entre la performance aux tâches perceptives et les mesures d'intelligence étaient plus fortes dans le groupe autiste que dans le groupe non-autiste. D'autres études ont également retrouvé une corrélation plus importante chez les personnes autistes entre une tâche de rotation mentale (Soulières et al., 2009) ou de temps d'inspection (Barbeau et al., 2013) et différentes mesures d'intelligence. Puis, en neuroimagerie, Simard, Luck, Mottron, Zeffiro et Soulières (2015) ont démontré que lors de raisonnements complexes, les personnes autistes s'appuient plus fortement sur des processus visuo-spatiaux que les non-autistes. Takesaki et al. (2016) ont aussi démontré, à l'aide de la magnétoencéphalographie (MEG), une plus grande influence de la perception visuelle dans des tâches de raisonnement visuel et ont relié cette plus grande activité cérébrale à la performance des participants. Ces résultats remettent en question l'idée que les forces perceptives retrouvées en autisme n'ont pas de réelle utilité et qu'il s'agit uniquement d'îlots d'habileté isolés.

Indicateurs comportementaux de l'intelligence autistique

La partie de la thèse portant sur l'identification d'indicateurs comportementaux de l'intelligence autistique n'a pas permis de mettre en lumière des liens entre des comportements stéréotypés ou des intérêts restreints (CSIR) des enfants autistes et leur performance aux tests d'intelligence. Plusieurs facteurs ont pu contribuer à ce qu'aucun lien statistiquement significatif ne soit retrouvé.

Premièrement, il est possible que le fait d'avoir uniquement un temps de mesure soit à l'origine de l'absence de lien clair entre les CSIR et l'intelligence. En effet, la présence de certains CSIR en bas âge pourrait être un prédicteur du niveau d'intelligence ultérieur, mais ne pas être corrélée au niveau intellectuel au même âge. Il a par exemple été démontré que les enfants autistes suivent des trajectoires développementales différentes et que les écarts entre les différentes trajectoires s'exacerbent avec le temps (Szatmari et al., 2015). Il est donc possible qu'à l'âge préscolaire les différences entre les enfants sur le plan de l'intelligence ne soient pas suffisamment importantes pour arriver à les mettre en lien avec les CSIR, mais qu'à un temps de mesure ultérieur, elles deviennent plus importantes et permettent de démontrer la valeur prédictive des certains CSIR. Par ailleurs, les difficultés inhérentes à l'évaluation intellectuelle des enfants autistes en bas âge pourraient également expliquer l'absence de lien. Il est probable que ces difficultés liées à la testabilité mènent à des résultats aux tests d'intelligence qui ne sont pas représentatifs du potentiel réel des enfants autistes. Il a d'ailleurs été démontré que le QI évalué à l'âge préscolaire n'est pas stable chez les enfants autistes (H. E. Flanagan et al., 2015; Yang, Lung, Jong, Hsu, & Chen, 2010).

Deuxièmement, comme mentionné au chapitre 4, un manque de puissance statistique et le fait que plusieurs enfants n'ont pas présenté certains des CSIR sélectionnés peuvent également expliquer qu'il a été impossible de mettre en lumière des corrélations statistiquement significatives entre les CSIR identifiés et les 3 tests d'intelligence utilisés.

Ainsi, la méthode d'observation directe dans une situation de jeu telle que la SSJM, développée dans le but de déclencher et d'observer des CSIR, permet de recueillir des données très riches et d'observer l'enfant dans une situation qui se rapproche de la vie courante. Peu d'études ont documenté les CSIR à l'aide de méthodes d'observation directe. En effet la plupart des études utilisent les questions de *l'Autism Diagnostic Interview* (ADI-R) (Lord et al., 1994) portant sur les CSIR (Mooney et al., 2009) ou utilisent des questionnaires développés spécifiquement pour documenter les CSIR auprès des parents, tel que le *Repetitive Behavior Scale-Revised* (Mirenda et al., 2010). La SSJM permet une documentation plus directe des CSIR, dont plusieurs ne seraient pas nécessairement détectés par les parents. En effet, bien que les codificatrices n'aient pas de connaissances particulières en autisme, chaque comportement est défini de manière détaillée dans la grille d'observation et les codificatrices sont en mesure d'identifier les CSIR même si ceux-ci sont très subtils, qu'ils se présentent une seule fois, ou qu'ils sont de très courte durée. De plus, le processus d'accord interjuge et le fait que les codificatrices soient aveugles quant au groupe d'appartenance de l'enfant permet de s'assurer que les observations ne sont pas biaisées, ce qui peut parfois être le cas lorsque des parents répondent à des questionnaires. Par exemple, il est possible dans l'ADI-R que certains

parents sur-rapportent des CSIR parce qu'une réponse positive est favorisée par le type de questionnaire et peut mener à l'obtention d'un diagnostic, ce qui se traduit par la mise en place de services pour leur enfant. Il est aussi possible à l'inverse que les parents sous-évaluent la présence de CSIR, car ils ne veulent pas que leur enfant soit perçu comme « anormal » par le chercheur ou le clinicien qui administre le questionnaire. Ainsi, la méthode d'observation directe permet d'obtenir des données sur un nombre important de CSIR et de les documenter de manière systématique, mais lorsqu'il est nécessaire pour la poursuite d'un objectif de recherche, de mettre en lien les CSIR documentés avec des variables tierces, un nombre très élevé de sujets est nécessaire pour pouvoir obtenir des résultats concluants.

Dans le même ordre d'idées, les études portant sur les CSIR se heurtent systématiquement à la question du regroupement des CSIR en catégories, aspect ayant également un impact important sur la puissance statistique. En effet, étudier les liens entre une variable donnée et la présence (ou l'intensité) des CSIR mène à une multitude de comparaisons si les CSIR sont étudiés de manière individuelle. Cela réduit considérablement la puissance statistique puisque 1) des corrections importantes doivent être faites pour minimiser les risques de faire une erreur de type 1 et 2) chacun des comportements n'est pas nécessairement présent chez tous les enfants (variable avec une valeur de zéro pour plusieurs enfants). D'autre part, le regroupement de plusieurs CSIR ou même de tous les CSIR en une seule catégorie peut mener à une perte d'information importante. Les CSIR regroupent en effet des comportements et des intérêts qui sont extrêmement différents les uns des autres, allant d'un intérêt pour les lettres à la marche sur la pointe des pieds, en passant par l'alignement d'objets. Langlois et al. (2016) ont d'ailleurs démontré que lorsqu'on regroupe les CSIR en

catégories, certains comportements qui étaient significativement plus présents dans le groupe autiste se retrouvent « noyés » au sein d'une catégorie qui, elle, n'est pas significativement plus présente dans le groupe autiste. Quant à l'étude du lien entre les CSIR et l'intelligence, les études rapportent des résultats mitigés et les différents regroupements des CSIR utilisés pourraient en partie expliquer cette disparité dans les résultats. Par exemple, Watt, Wetherby, Barber et Morgan (2008) obtiennent un lien négatif entre la performance au MSEL et la présence de CSIR impliquant un objet, alors que les CSIR impliquant le corps n'étaient pas significativement liés au MSEL. Mooney et al. (2009) ont quant à eux séparé les CSIR de bas-niveau des CSIR de haut-niveau pour vérifier ensuite le lien avec le niveau développemental. Dans cette dichotomie proposée par Turner (1999), les CSIR de bas niveau incluent les dyskinésies, les tics, les mouvements stéréotypés, la manipulation répétitive d'objets et les comportements d'automutilation répétitifs, alors que les CSIR de haut-niveau incluent les intérêts restreints, l'attachement à des objets, la rigidité face aux changements et le langage répétitif. Ainsi, Mooney et al. (2009) ont obtenu un lien négatif entre le niveau développemental et les CSIR de bas-niveau et un lien positif entre le niveau développemental et les CSIR de haut-niveau. Cuccaro et al. (2003) ont également séparé les CSIR en deux catégories; 1) les actions motrices et sensorielles répétitives et 2) l'insistance sur la similarité (*insistence on sameness*) et obtiennent une corrélation négative entre les CSIR de la première catégorie et le niveau adaptatif alors qu'ils ne retrouvent pas de lien avec la deuxième catégorie de CSIR. D'autres auteurs ont aussi mis en évidence un lien entre une intelligence dans la norme et la présence de certains CSIR spécifiques (Bartak & Rutter, 1976; Bishop et al., 2006; S. H. Kim & Lord, 2010; Militerni et al., 2002). C'est pourquoi pour explorer le lien entre les CSIR et l'intelligence dans la présente étude, des CSIR spécifiques ont été ciblés

préalablement et certaines catégories regroupant un nombre restreint de comportements ou d'intérêts ont été créées (ex : explorations visuelles atypiques, intérêt pour les lettres) alors que d'autres comportements ont plutôt été étudiés de manière individuelle.

Enfin, il faut également considérer que le fait qu'il a été impossible de mettre en évidence un lien significatif entre les CSIR ciblés préalablement la performance aux tests d'intelligence puisse tout simplement être due à une absence de lien. Il est en effet possible que, tel que démontré dans la littérature, certains CSIR soient plutôt associés à un mauvais pronostic ou à la présence de déficience intellectuelle, alors que d'autres ne sont pas associés au niveau intellectuel, c'est-à-dire qu'ils seraient présents chez les enfants autistes de tous les niveaux intellectuels. Cela pourrait expliquer pourquoi 1) aucun lien n'est retrouvé lorsque l'on étudie ces CSIR spécifiques qui seraient indépendants de l'intelligence et pourquoi 2) le lien retrouvé entre les CSIR et l'intelligence est négatif lorsque l'on prend tous les CSIR ensemble ou que des catégories regroupant un nombre important de CSIR sont faites.

En somme, l'origine, le rôle et l'impact des CSIR dans le développement des personnes autistes sont encore très mal compris. Certains auteurs continuent de considérer ces comportements ou intérêts comme délétères et restreignant les apprentissages (Leekam, Prior, & Uljarevic, 2011), alors que d'autres les voient comme une façon de réguler les émotions (Wood & Gadow, 2010) ou même comme un facteur pouvant favoriser l'apprentissage ou l'adaptation (Lidstone et al., 2014; Mottron, Mineau, Martel, Bernier, et al., 2007).

Contributions théoriques et implications cliniques

La documentation du profil cognitif chez les autistes minimalement verbaux et chez les autistes d'âge préscolaire constitue le premier apport théorique de la présente thèse. Les différents tests d'intelligence n'ont jamais été comparés entre eux auprès de ces deux sous-groupes de la population autiste. Cette comparaison est primordiale puisque dans la plupart des études se penchant sur le développement des enfants autistes, une évaluation cognitive est intégrée. De plus, dans de nombreuses études auprès des jeunes enfants autistes, des tests d'intelligence différents sont utilisés au sein du même échantillon (p.ex. Bal, Katz, Bishop, & Krasileva, 2016; Bishop, Thurm, Farmer, & Lord, 2016; Kanne et al., 2011). Cela mène à une seule variable «*QI*», composée des résultats à des tests différents et, tel que démontré dans les deux études de la présente thèse, non équivalents. Puis, afin de pallier l'impossibilité pour plusieurs de ces enfants de compléter certains sous-tests ou certaines sous-échelles, certains chercheurs calculent le *QI* en faisant un ratio à partir des sous-tests ou sous-échelles complétées (Kanne et al., 2011). Or, les résultats de la thèse démontrent que ces sous-tests et sous-échelles sont également non équivalents chez les enfants autistes. Ensuite, dans le domaine de la recherche en autisme, l'évaluation intellectuelle constitue souvent le critère d'appariement avec le ou les groupes de comparaison et le niveau cognitif est souvent ensuite mis en lien avec d'autres variables. La qualité de l'évaluation cognitive a donc un impact important sur les résultats de recherche et sur leur interprétation. Les résultats de la présente thèse, bien que préliminaires, permettent donc de remettre en question ces pratiques en recherche.

Toujours concernant l'utilisation des tests d'intelligence auprès des enfants autistes, les résultats de l'article 2 permettent de questionner l'utilisation du MSEL, qui est en fait une échelle développementale, comme seul indicateur du niveau intellectuel en bas âge. Le MSEL figure parmi les tests les plus utilisés auprès des autistes d'âge préscolaire et constitue donc souvent la référence pour l'appariement aux groupes de comparaison et la variable à partir de laquelle les auteurs tirent des conclusions concernant le lien entre niveau développemental et d'autres variables d'intérêt. Les résultats de l'article 2 mettent en évidence que le MSEL tend à sous-estimer le niveau développemental non seulement des enfants autistes, mais également celui des enfants suivant un développement typique. Ce résultat soulève un questionnement quant à l'utilisation unique de ce test en recherche, mais également dans les milieux cliniques. L'écart très important obtenu entre les résultats à ce test et ceux aux autres tests d'intelligence incite à la prudence dans l'interprétation des résultats du MSEL, particulièrement chez les enfants autistes pour qui cet écart est encore plus grand. En somme, considérant également les difficultés propres à ce test, mentionnées dans la section précédente (effet plancher, ordre des items, etc.), il semble que le MSEL soit particulièrement mal adapté pour l'évaluation des enfants autistes.

Les résultats concernant les écarts entre les tests d'intelligence démontrent l'importance d'être prudents lors de l'utilisation et de l'interprétation des tests standardisés auprès des enfants autistes. Lors de l'interprétation, le clinicien ou le chercheur doit en effet se demander ce qu'il cherche à mesurer et s'il a été en mesure de le faire. Dans un sous-test de vocabulaire réceptif, par exemple, cherche-t-on à documenter la capacité de l'enfant à comprendre la consigne, sa capacité à pointer une réponse ou sa connaissance des mots de vocabulaire

demandés? Suite à l'administration, s'il est impossible de statuer sur la raison de l'échec, il pourrait être préjudiciable de conclure que l'enfant présente un vocabulaire réceptif déficitaire. Il peut donc être pertinent dans de tels cas de faire un «testing des limites», c'est-à-dire de tenter de contourner les difficultés de l'enfant afin d'isoler la capacité que l'on cherche à mesurer (lui donner un jeton qu'il peut poser sur sa réponse parmi les choix s'il n'est pas en mesure de pointer, par exemple) ou de lui donner un indice (ou une réponse) pour voir s'il arrivera à effectuer les items subséquents et ainsi déterminer si c'est la consigne qui posait problème. Un manque de considération de ces difficultés particulières à l'évaluation des enfants autistes pourrait mener à une conclusion erronée de déficience intellectuelle associée à l'autisme et avoir des conséquences importantes dans la vie de l'enfant. Chacune des conclusions tirées à l'aide de tests standardisés doit donc être faite avec un maximum de prudence. Les résultats des deux études de la thèse suggèrent en effet que l'apparence de retard et l'impossibilité de tester l'enfant sont insuffisantes pour tirer des conclusions quant au potentiel de l'enfant. Un diagnostic de déficience intellectuelle chez un enfant autiste devrait reposer sur les résultats à plusieurs tests, mais également sur le jugement clinique, sur une documentation des capacités auprès des parents, etc.

Ensuite, l'utilisation des MPR dans les présentes études incite à l'utilisation de tests qui, de par leur nature, contournent les difficultés des enfants autistes, sont particulièrement attrayants pour eux et sont adaptés au style cognitif de ces enfants. Les MPR semblent répondre à ces critères et ont permis d'accéder au potentiel maximal des enfants évalués, et ce, sans recours à des renforcements externes. Le fait que la performance aux MPR soit systématiquement plus élevée que la performance aux autres tests constitue un argument en

faveur de l'inclusion de ce test dans l'évaluation des personnes autistes. De plus, ce résultat pourrait contribuer au développement d'interventions basées sur les forces des personnes autistes. En effet, les conditions réunies dans le test des MPR semblent optimales et pourraient constituer une inspiration pour la mise en place d'interventions plus adaptées. Par exemple, le fait que toutes les informations nécessaires à la résolution de la tâche sont accessibles en tout temps, que la tâche demandée est compréhensible sans que des consignes soient nécessaires ou que l'information est présentée entièrement de manière visuelle pourraient être des facteurs qui font en sorte que les autistes arrivent particulièrement bien à compléter ce test.

Les tests perceptifs utilisés se sont également révélés particulièrement intéressants et motivants pour les enfants autistes dans les deux études. L'analyse des caractéristiques de ces tests peut donc également être utile pour déterminer les aspects qu'il pourra être pertinent d'inclure à la fois dans les tests servant à l'évaluation des personnes autistes et dans les méthodes d'enseignement et d'intervention auprès de celles-ci. Premièrement, les formes (CEFT) et les lettres (Recherche visuelle) ont été rapportées comme des intérêts chez les enfants autistes, et ce, dès l'âge préscolaire (Klin, Danovitch, Merz, & Volkmar, 2007), ce qui a pu contribuer à ce que les deux tests utilisés soient aussi attrayants aux yeux des enfants des deux échantillons de la thèse. Deuxièmement, tout comme dans les MPR, toute l'information nécessaire à la complétion de la tâche est accessible en tout temps et présentée visuellement. Troisièmement, les adaptations apportées aux deux tâches: donner la forme ou la lettre cible à l'enfant plutôt que de lui demander de pointer, retrait de la consigne de ne pas tourner la forme dans le CEFT, retrait des essais où la cible est absente dans la recherche visuelle, ont permis de contourner certaines difficultés que présentaient les enfants autistes. Finalement, il semblait

parfois difficile pour les enfants de demeurer assis et de se concentrer pendant toute la durée de la tâche. Ainsi, puisque le temps de réponse est plus long pour les items plus difficiles, il arrivait que les enfants se désintéressent de la tâche durant l'administration d'un item plus difficile. À la lumière de ces observations, il pourrait être recommandé de simplifier les tâches. Or, des indices portent à croire que de simplifier la tâche nuirait davantage à l'administration auprès des enfants autistes. Les résultats obtenus dans l'étude 2 dans la tâche de recherche visuelle sont un premier indice allant dans ce sens. En effet, la performance des enfants autistes d'âge préscolaire à cette tâche était meilleure aux items plus difficiles (25-50 et 75 distracteurs) qu'aux items plus faciles (5 et 15 distracteurs) lorsque comparée à celle des non-autistes. Puis, de manière anecdotique, lors de l'administration du sous-test *mémoire spatiale*⁹ du WPPSI-IV dans l'étude 2, il a été observé que certains enfants autistes échouaient ou avaient de la difficulté avec les premiers items de la sous-échelle alors qu'ils réussissaient des items plus difficiles et d'un niveau beaucoup plus élevé que leur âge chronologique. Le fait que certains enfants autistes qui comprenaient mal les premiers items aient réussi les items plus complexes constitue également un indice que la simplification des tâches n'améliore pas nécessairement la testabilité ou la performance. Il semble en effet qu'une simplification trop importante des tâches, ou leur division en étapes les rendent moins compréhensibles et moins intéressantes aux yeux des personnes autistes. Ces résultats peuvent donc contribuer à

⁹ Dans ce sous-test, on montre à l'enfant où vivent des animaux sur une carte avec différentes cases. Lors des premiers items un seul animal est présenté à la fois et il y a seulement deux cases sur la carte. Il n'est donc pas évident de comprendre qu'il s'agit d'un jeu de mémoire et lors de ces premiers items certains enfants autistes ne semblaient pas comprendre qu'ils devaient simplement remettre l'animal au même endroit que ce qui venait de lui être démontré. Par la suite, de plus en plus d'animaux sont placés dans de plus en plus de cases et il devient plus clair pour l'enfant que la tâche consiste à se souvenir d'où va chaque animal.

sensibiliser les cliniciens et les chercheurs à ne pas prendre pour acquis que les principes d'apprentissage sont les mêmes pour les personnes autistes que pour les personnes non-autistes.

Ensuite, la documentation des habiletés perceptives en bas âge et chez les autistes minimalement verbaux constitue un apport théorique de la présente thèse. En effet, les résultats de plusieurs études suggèrent une force ou un intérêt pour les aspects perceptifs de l'environnement dès le plus jeune âge, mais très peu ont effectué des tâches perceptives auprès d'enfants autistes d'âge préscolaire ou d'enfants autistes minimalement verbaux. Par exemple, il a été démontré que les enfants autistes dès l'âge de deux ans orientent plus rapidement leur attention vers une cible (Chawarska, Klin, & Volkmar, 2003) et qu'ils utilisent plus la cohérence de l'information audio-visuelle pour s'orienter vers une cible que leurs pairs du même âge et du même niveau de développement (Klin, Lin, Gorrindo, Ramsay, & Jones, 2009). Une préférence pour les formes géométriques a aussi été démontrée dès l'âge de 14 mois (Pierce, Conant, Hazin, Stoner, & Desmond, 2011) et une étude démontre même une meilleure connaissance de l'alphabet chez des enfants autistes entre 38 et 61 mois (moyenne d'environ 4 ans et demi) (Dydia, Lawton, Logan, & Justice, 2014). Ensuite, quelques études auprès d'enfants autistes d'âge préscolaire incluent des tâches que l'enfant doit compléter et suggèrent aussi une supériorité à ces tâches dès l'âge préscolaire. Ainsi, Kaldy et al. (2011) ainsi que Cheung, Bedford, Jonhson, charman et Gliga (2016) ont démontré à l'aide d'une méthode de *eye tracking* une meilleure vitesse de recherche visuelle chez des enfants autistes âgés de 1 à 3 ans. Maybery et Durkin (2003) ont démontré une meilleure performance dans le sous-test *Construction de formes (Pattern Construction)* du Differential Ability Scale (DAS)

et une meilleure vitesse de réponse dans la version préscolaire du test des figures cachées (PEFT). Finalement, Pellicano, Maybery, Durkin et Maley (2006) ont également démontré une supériorité dans ces deux mêmes tâches, de même que dans la tâche *Figure Ground* du Developmental Test of Visual Perception (Hammill, Pearson, & Voress, 1993). Ainsi, les résultats des deux études de la thèse s'inscrivent en continuité avec ce qui est rapporté dans la littérature et constituent des preuves supplémentaires suggérant la présence de forces perceptives chez les personnes autistes de tous les niveaux de fonctionnement et dès le plus jeune âge.

Puis, la documentation du lien perception-intelligence en autisme constitue également un apport sur le plan théorique puisque les résultats de nos deux études appuient l'hypothèse d'un rôle plus important de la perception dans la cognition autistique. Ainsi, sur le plan clinique, l'utilisation de tâches perceptives lorsque l'évaluation avec les tests traditionnels est difficile ou impossible pourrait être une avenue prometteuse pour estimer le potentiel des enfants autistes. En effet, une performance similaire ou supérieure à celle d'enfants typiques sur de telles tâches pourrait suggérer la présence d'un potentiel de raisonnement et d'apprentissage dans la norme. Bien entendu, cela ne signifie pas que l'enfant ne présente pas de difficultés ou de retards sur certains plans, mais pourrait tout de même indiquer que via des processus perceptifs il pourrait être en mesure d'accéder à certains apprentissages et ainsi avoir la possibilité de développer son potentiel.

Finalement, concernant l'objectif exploratoire visant à documenter le lien CSIR-intelligence, les résultats obtenus incitent à la prudence. En effet, ces résultats rappellent que l'état des connaissances sur les CSIR en autisme est embryonnaire. Les résultats des études sont ambigus et interprétés de manière différente d'un auteur à l'autre. La fonction adaptative ou non des CSIR, leur rôle dans le développement des enfants autistes, le lien entre ceux-ci et l'intelligence et leur lien avec les émotions sont encore très mal compris. Ainsi, sur le plan clinique les résultats présentés ici, de même que la littérature sur ce deuxième domaine de symptômes autistiques, devraient amener les cliniciens à se questionner quant aux interventions qui cherchent à diminuer ou enrayer les CSIR dans l'optique de rendre l'enfant le plus «normal» possible. Dans un contexte où il est difficile de déterminer l'impact qu'auront de telles interventions, elles devraient probablement être évitées.

Limites et perspectives futures

Le premier aspect à aborder concernant les limites de la thèse et les études futures est la question de la testabilité. En effet, cette variable n'étant souvent pas la variable d'intérêt au départ, elle n'est pas considérée dans la plupart des études. Comme mentionné précédemment, lorsque les chercheurs font face à des problèmes sur le plan de la testabilité, ils contournent cette difficulté en calculant un ratio à partir des tests ou sous-tests que l'enfant a pu compléter ou en écartant de leur échantillon les enfants qui n'ont pas été en mesure de compléter les tests. Dans les études de la présente thèse, les difficultés liées à la testabilité ont imposé des limites importantes aux résultats en diminuant considérablement la puissance statistique et en limitant la généralisation d'une partie des résultats uniquement aux enfants autistes capables de compléter les tests. Or, le calcul d'un ratio ou le retrait systématique des enfants n'ayant pas complété les tests aurait mené à des biais importants puisque nous avons

démontré que les tests et sous-tests ne sont pas équivalents chez les enfants autistes et qu'une grande proportion d'enfants autistes d'âge préscolaire ou minimalement verbaux ne sont pas testables avec les tests d'intelligence traditionnels. Il serait donc pertinent dans de futures études de documenter la testabilité de manière plus fine et plus élaborée. Par exemple, il serait intéressant de calculer le temps requis pour effectuer chacun des sous-tests et de calculer le temps où l'enfant n'est pas concentré pour chacun de ces sous-tests afin d'être plus en mesure de déterminer non seulement quels tests, mais également quels sous-tests ou sous-échelles sont plus adaptés aux enfants autistes. Ultiment, ce type de documentation de la testabilité pourrait mener au développement d'une batterie adaptée au style cognitif et aux intérêts des enfants autistes. Lorsqu'une batterie est développée pour les enfants typiques, l'objectif est de la rendre la plus adaptée et intéressante possible pour la population visée. L'application des mêmes principes pourrait être particulièrement pertinente pour le développement d'une batterie destinée aux enfants autistes. De plus, dans un contexte où le diagnostic et la documentation du niveau intellectuel doivent être faits le plus tôt possible afin de permettre la mise en place d'interventions adaptées, le développement d'une telle batterie est particulièrement indiqué.

Ensuite, toujours concernant la testabilité, il serait intéressant de vérifier nos hypothèses concernant les raisons pour lesquelles certains tests permettent d'augmenter la testabilité auprès des enfants autistes. Par exemple, il serait justifié de documenter la testabilité à l'aide de tests composés d'items plus ou moins complexes afin de déterminer l'effet de la complexité sur la testabilité. Il pourrait également être productif de documenter les différences quant à la testabilité entre des items similaires, mais dont l'information est présentée visuellement ou de manière auditive. On pourrait également comparer des items où toute

l'information nécessaire pour compléter la tâche est disponible en tout temps à d'autres items où la tâche est séparée en étapes. En somme, tout comme dans un processus de recherche visant à évaluer un nouveau traitement, un projet pilote visant à documenter la faisabilité doit être complété avant d'évaluer l'efficacité du traitement en soi. Ainsi, concernant l'évaluation du potentiel intellectuel en autisme, la testabilité doit, dans un premier temps, être la variable d'intérêt avant de se pencher sur les résultats à un test et d'en tirer des conclusions.

Pour ce qui est de la comparaison entre les tests d'intelligence, outre les limites liées à la testabilité déjà mentionnées, la principale limite dans la présente thèse est la désuétude des normes pour les MPR. Tel que mentionné ci-haut, cette limite a été contournée en utilisant les scores bruts dans les analyses lorsque cela était possible. Or, pour la comparaison entre les tests, l'utilisation des percentiles (et donc des normes) était nécessaire. L'effet plafond observé principalement dans le groupe d'enfants non-autistes de l'étude 2 a pu contribuer à diminuer l'écart entre le WPPSI-IV et les MPRC pour ce groupe. La performance de ce groupe était également très élevée au WPPSI-IV (moyenne au 81^e percentile) et donc la possibilité d'obtenir un score significativement plus haut à un autre test était limitée. Ensuite, il n'existe pas de normes pour la version encastrable des MPRC. Ainsi, bien qu'il ait été démontré qu'en utilisant les normes des MPRC régulières, les enfants non-autistes obtiennent des résultats similaires aux deux versions des MPRC, il se peut que les normes ne soient pas parfaitement adaptées à la version encastrable. Par exemple, contrairement à la version régulière des MPRC, dans la version encastrable l'enfant peut vérifier sa réponse en la mettant dans la matrice et ainsi s'auto-corriger s'il réalise que la pièce choisie ne correspond pas au patron de la matrice. Il est donc possible que les normes des MPRC, lorsqu'appliquées à la version

encastrable, tendent à surestimer la performance des enfants, autistes comme non-autistes. Pour de futures études, il serait donc intéressant de 1) tenter de sélectionner des participants non-autistes ayant un QI plus près de la norme (moyenne au 50e percentile) et 2) de réaliser de nouvelles normes pour les MPR, les MPRC et pour la version encastrable des MPRC.

Un autre aspect qui limite l'interprétation des résultats de la thèse est l'absence d'un groupe clinique de comparaison. L'ajout d'un groupe d'enfants présentant un retard de développement pourrait permettre de déterminer si les résultats retrouvés sont propres à l'autisme ou s'ils sont également retrouvés dans d'autres conditions. Il serait intéressant de documenter le profil cognitif de ces enfants afin de déterminer si les écarts retrouvés entre les tests se retrouvent également chez des enfants qui ont aussi des difficultés, mais d'une autre nature. L'exploration de la testabilité dans d'autres groupes cliniques permettrait de documenter les difficultés d'administration qui sont propres à l'autisme. L'exploration du lien perception-intelligence dans d'autres groupes cliniques pourrait enfin permettre de déterminer si le rôle prépondérant de la perception dans la cognition autistique est retrouvé chez d'autres enfants qui ont des difficultés/retards au niveau du langage, mais sans autisme. Finalement, la documentation des CSIR et l'exploration du lien CSIR-intelligence dans un groupe d'enfants ayant un retard de développement pourraient permettre de mieux comprendre le rôle de ces comportements et de ces intérêts dans le développement en général pour ensuite mieux cibler leur rôle spécifique dans le développement autistique.

Une autre limite découlant de la testabilité est le manque de puissance statistique. Cette limite s'est répercutée principalement dans la poursuite de l'objectif exploratoire visant à documenter le lien CSIR-intelligence en autisme. En effet, le fait qu'un nombre important de CSIR ont été documentés durant une situation de jeu limitée sur le plan de la durée et que tous les enfants n'ont pas été en mesure de compléter tous les tests ont limité la puissance statistique. Ainsi, pour des études futures, un nombre plus important de participants devront être recrutés pour pouvoir conclure sur la présence ou non de lien entre ces différentes variables. De plus, la vérification de l'hypothèse selon laquelle la présence de certains CSIR pourrait indiquer un potentiel intellectuel dans la norme et donc permettre de prédire la performance à des tâches cognitives ultérieurement exige un devis longitudinal et donc un nombre de participants encore plus important afin de pallier la perte de sujets.

En somme, de nombreuses pistes d'études futures sont prometteuses pour arriver à mieux comprendre les enfants autistes qui sont souvent écartés des recherches. La présente thèse constitue une première étape dans la poursuite de cet objectif et est informative quant aux difficultés pouvant être rencontrées tant dans la recherche que dans le travail clinique auprès de ces enfants.

Conclusion

En conclusion, cette thèse a permis de démontrer que l'hétérogénéité du profil cognitif est caractéristique de l'ensemble du spectre de l'autisme. En premier lieu, les écarts importants qui ont été démontrés dans la littérature entre les sous-tests d'un même test d'intelligence ont également été retrouvés au sein d'échantillons d'enfants autistes minimalement verbaux et d'enfants autistes d'âge préscolaire. En second lieu, les écarts entre les tests d'intelligence, aussi souvent rapportés dans la littérature, ont également pu être démontrés au sein de ces deux sous-groupes d'enfants dans le spectre de l'autisme. Les enfants ayant participé aux études de la thèse sont particulièrement difficiles à évaluer et sont donc rarement inclus dans les études portant sur la cognition en autisme. Au niveau théorique, les résultats de la présente thèse contribuent donc à une meilleure compréhension de l'intelligence autistique en général. Ensuite, les résultats des deux études de la thèse démontrent que l'utilisation de tests basés sur les forces permet non seulement d'augmenter la testabilité, mais également d'obtenir une estimation plus juste du potentiel maximal de l'enfant. Dans les deux études de la thèse, les enfants autistes ont obtenu une performance similaire aux enfants typiques dans les tâches basées sur les forces. Ces résultats concernant l'évaluation basée sur les forces ont des implications tant pour la recherche que pour la pratique clinique. Ils suggèrent l'ajout de tâches basées sur les forces tant pour effectuer l'appariement et pour comparer les sujets de recherche que pour évaluer le potentiel de raisonnement des enfants autistes en général.

Bibliographie

- Abrahams, B. S., & Geschwind, D. H. (2008). Advances in autism genetics: on the threshold of a new neurobiology. *Nature Reviews Genetics*, 9(5), 341-355.
- Acton, G. S., & Schroeder, D. H. (2001). Sensory discrimination as related to general intelligence. *Intelligence*, 29(3), 263-271.
- 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. doi:10.1080/09297040500473714
- 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., pp. 185-202): Guilford Press.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders - Text Revision* (Fourth ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (Fifth ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Association.
- Baird, G., Simonoff, E., Pickles, A., Chandler, S., Loucas, T., Meldrum, D., & Charman, T. (2006). Prevalence of disorders of the autism spectrum in a population cohort of children in South Thames: the Special Needs and Autism Project (SNAP). *The lancet*, 368(9531), 210-215.
- 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*.
- 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*, 122(1), 295.
- Baron-Cohen, S. (1989). Perceptual role taking and protodeclarative pointing in autism. *British Journal of Developmental Psychology*, 7(2), 113-127.
- Bartak, L., & Rutter, M. (1976). Differences between mentally retarded and normally intelligent autistic children. *Journal of Autism and Childhood Schizophrenia*, 6(2), 109-120.
- 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*, 1362361314554920.
- Baxter, A., Brugha, T., Erskine, H., Scheurer, R., Vos, T., & Scott, J. (2015). The epidemiology and global burden of autism spectrum disorders. *Psychological Medicine*, 45(03), 601-613.
- Bayley, N., & Reuner, G. (2006). *Bayley scales of infant and toddler development: Bayley-III* (Vol. 7): Harcourt Assessment, Psych. Corporation.

- Becker, K. A. (2003). *History of the Stanford-Binet Intelligence Scales: Content and Psychometrics (Stanford-Binet Intelligence Scales, Fifth Edition Assessment Service Bulletin No. 1)*. Itasca, IL: Riverside Publishing.
- Bello, K. D., Goharpey, N., Crewther, S. G., & Crewther, D. P. (2008). A puzzle form of a non-verbal intelligence test gives significantly higher performance measures in children with severe intellectual disability. *BMC Pediatrics*, 8, 30.
- Bennetto, L., Kuschner, E. S., & Hyman, S. L. (2007). Olfaction and taste processing in autism. *Biological psychiatry*, 62(9), 1015-1021.
- Bishop, S. L., Guthrie, W., Coffing, M., & Lord, C. (2011). Convergent Validity of the Mullen Scales of Early Learning and the Differential Ability Scales in Children with Autism Spectrum Disorders. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 116(5), 331-343.
- 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.
- Bishop, S. L., Thurm, A., Farmer, C., & Lord, C. (2016). Autism Spectrum Disorder, Intellectual Disability, and Delayed Walking. *Pediatrics*, 137(3), e20152959.
- Blakemore, S.-J., Tavassoli, T., Calò, S., Thomas, R. M., Catmur, C., Frith, U., & Haggard, P. (2006). Tactile sensitivity in Asperger syndrome. *Brain and Cognition*, 61(1), 5-13.
- Bodfish, J. W., Symons, F. J., Parker, D. E., & Lewis, M. H. (2000). Varieties of repetitive behavior in autism: Comparisons to mental retardation. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(3), 237-243.
- Bölte, S., Dziobek, I., & Poustka, F. (2009). Brief Report: The Level and Nature of Autistic Intelligence Revisited. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(4), 678-682. doi: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 co-morbid mental retardation. *Child Psychiatry and Human Development*, 33(2), 165-172.
- 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.
- Bonnel, A., Mottron, L., Peretz, I., Trudel, M., & Gallun, E. (2003). Enhanced pitch sensitivity in individuals with autism: a signal detection analysis. *Cognitive Neuroscience, Journal of*, 15(2), 226-235.
- Boyd, B. A., Baranek, G. T., Sideris, J., Poe, M. D., Watson, L. R., Patten, E., & Miller, H. (2010). Sensory features and repetitive behaviors in children with autism and developmental delays. *Autism Research*, 3(2), 78-87.
- Bracken, B. A., & McCallum, R. S. (1998). *Universal Nonverbal Intelligence Test*. Itasca, IL: The Riverside Publishing Co.
- Bracken, B. A., & McCallum, R. S. (2015). *UNIT2 Universal Nonverbal Intelligence Test, Second Edition*.
- Burkart, J. M., Schubiger, M. N., & Schaik, C. P. V. (in press). The evolution of general intelligence. *Behavioral and Brain Sciences*.
- Burke, H. R. (1958). Raven's Progressive Matrices: A review and critical evaluation. *The Journal of Genetic Psychology*, 93(2), 199-228.

- Burke, H. R. (1972). Raven's Progressive Matrices: Validity, Reliability, and Norms. *The Journal of Psychology*, 82(2), 253-257. doi:10.1080/00223980.1972.9923815
- Burke, H. R. (1985). Raven's Progressive Matrices (1938): More on norms, reliability, and validity. *Journal of Clinical Psychology*.
- Caglayan, A. O. (2010). Genetic causes of syndromic and non-syndromic autism. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(2), 130-138.
- Campbell, M., Locascio, J. J., Choroco, M. C., Spencer, E. K., Malone, R., Kafantaris, V., & Overall, J. (1990). Stereotypies and tardive dyskinesia: Abnormal movements in autistic children. *Psychopharmacology Bulletin*.
- 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.
- Carpenter, P. A., Just, M. A., & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: a theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological review*, 97(3), 404.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*: Cambridge University Press.
- Carroll, J. B. (1997). The three-stratum theory of cognitive abilities.
- Cascio, C., McGlone, F., Folger, S., Tannan, V., Baranek, G., Pelphrey, K. A., & Essick, G. (2008). Tactile perception in adults with autism: a multidimensional psychophysical study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(1), 127-137.
- Cattell, R. B. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of educational psychology*, 54(1), 1.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). (2008). Prevalence of Autism Spectrum Disorders: Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 14 Sites, United States, 2008.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). (2010). Prevalence of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years—Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2010.
- Chakrabarti, S., & Fombonne, E. (2005). Pervasive Developmental Disorders in Preschool Children: Confirmation of High Prevalence. *The American Journal of Psychiatry*, 162(6), 1133.
- Charman, T. (2003). Why is joint attention a pivotal skill in autism? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 358(1430), 315-324.
- Charman, T., Jones, C. R., Pickles, A., Simonoff, E., Baird, G., & Happé, F. (2011). Defining the cognitive phenotype of autism. *Brain research*, 1380, 10-21.
- 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*, 41(03), 619-627. doi:10.1017/S0033291710000991
- Chawarska, K., Klin, A., & Volkmar, F. (2003). Automatic attention cueing through eye movement in 2-year-old children with Autism. *Child Development*, 74(4), 1108-1122.
- Cheung, C., Bedford, R., Johnson, M., Charman, T., & Gliga, T. (2016). Visual search performance in infants associates with later ASD diagnosis. *Developmental Cognitive Neuroscience*.

- Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E. S., & Schultz, R. T. (2012). The social motivation theory of autism. *Trends in cognitive sciences*, *16*(4), 231-239.
- Chevallier, C., Molesworth, C., & Happe, F. (2012). Diminished social motivation negatively impacts reputation management: autism spectrum disorders as a case in point. *PLoS ONE*, *7*(1), e31107.
- Chi, M. T., Hutchinson, J. E., & Robin, A. F. (1989). How inferences about novel domain-related concepts can be constrained by structured knowledge. *Merrill-Palmer Quarterly (1982-)*, *27*-62.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological bulletin*, *112*(1), 155.
- Constantino, J. N., Zhang, Y., Frazier, T., Abbacchi, A. M., & Law, P. (2010). Sibling recurrence and the genetic epidemiology of autism. *American Journal of Psychiatry*.
- Coolican, J., Bryson, S. E., & Zwaigenbaum, L. (2008). Brief report: Data on the Stanford-Binet intelligence scales in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *38*(1), 190-197.
- Cuccaro, M. L., Shao, Y., Grubber, J., Slifer, M., Wolpert, C. M., Donnelly, S. L., . . . DeLong, G. R. (2003). Factor analysis of restricted and repetitive behaviors in autism using the Autism Diagnostic Interview-R. *Child Psychiatry and Human Development*, *34*(1), 3-17.
- Danthiir, V., Roberts, R. D., Pallier, G., & Stankov, L. (2001). What the nose knows: Olfaction and cognitive abilities. *Intelligence*, *29*(4), 337-361.
- Dawson, G., Toth, K., Abbott, R., Osterling, J., Munson, J., Estes, A., & Liaw, J. (2004). Early social attention impairments in autism: social orienting, joint attention, and attention to distress. *Developmental psychology*, *40*(2), 271.
- Dawson, M., & Soulières, I. (2013). *Is there an optimal developmental path in autism?* Paper presented at the International Meeting for Autism Research, San Sebastian, Spain.
- Dawson, M., Soulières, I., Gernsbacher, A. M., & Mottron, L. (2007). The Level and Nature of Autistic Intelligence. *Psychological Science*, *18*(8), 657-662. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.01954.x
- de Jonge, M. V., Kemner, C., & van Engeland, H. (2006). Superior disembedding performance of high-functioning individuals with autism spectrum disorders and their parents: The need for subtle measures. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *36*(5), 677-683.
- Deary, I. J. (2000). *Looking down on human intelligence: from psychometrics to the brain*: Oxford University Press.
- Deary, I. J., Bell, P. J., Bell, A. J., Campbell, M. L., & Fazal, N. D. (2004). Sensory discrimination and intelligence: testing Spearman's other hypothesis. *The American Journal of Psychology*.
- Doneddu, G. S., Foscoliano, M., Frigo, G., Peruzzi, P. M., Casano, F., Congiu, S., & Fadda, R. (2011). *Do Lateral Glances Characterize a Specific Autistic Phenotype?* Paper presented at the International Meeting for Autism Research, San Diego, USA.
- Dynia, J. M., Lawton, K., Logan, J. A., & Justice, L. M. (2014). Comparing emergent-literacy skills and home-literacy environment of children with autism and their peers. *Topics in Early Childhood Special Education*, 0271121414536784.
- Eagle, R. S. (2003). Accessing and assessing intelligence in individuals with lower functioning autism. *Journal on Developmental Disabilities*, *9*(2), 45-53.

- Edgin, J. O., & Pennington, B. F. (2005). Spatial cognition in autism spectrum disorders: Superior, impaired, or just intact? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35(6), 729-745.
- Elliott, C. D., Murray, G., & Pearson, L. (1990). Differential ability scales. *San Antonio, Texas*.
- Elsabbagh, M., Divan, G., Koh, Y. J., Kim, Y. S., Kauchali, S., Marcín, C., . . . Wang, C. (2012). Global prevalence of autism and other pervasive developmental disorders. *Autism Research*, 5(3), 160-179.
- Esbensen, A. J., Seltzer, M. M., Lam, K. S., & Bodfish, J. W. (2009). Age-related differences in restricted repetitive behaviors in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(1), 57-66.
- Evans, D. W., & Gray, F. L. (2000). Compulsive-like Behavior in Individuals with Down Syndrome: Its Relation to Mental Age Level, Adaptive and Maladaptive Behavior. *Child Development*, 71(2), 288-300.
- Falter, C. M., Plaisted, K. C., & Davis, G. (2008). Visuo-spatial processing in autism—testing the predictions of extreme male brain theory. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(3), 507-515.
- Farrell, M. M., & Phelps, L. (2000). A comparison of the Leiter-R and the Universal Nonverbal Intelligence Test (UNIT) with children classified as language impaired. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 18(3), 268-274.
- Flanagan, D. P., Ortiz, S. O., & Alfonso, V. C. (2007). *Essentials of cross-battery assessment* (2 ed.). Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.
- Flanagan, H. E., Smith, I. M., Vaillancourt, T., Duku, E., Szatmari, P., Bryson, S., . . . Volden, J. (2015). Stability and Change in the Cognitive and Adaptive Behaviour Scores of Preschoolers with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(9), 2691-2703.
- Floyd, R. G., Shands, E. I., Rafael, F. A., Bergeron, R., & McGrew, K. S. (2009). The dependability of general-factor loadings: The effects of factor-extraction methods, test battery composition, test battery size, and their interactions. *Intelligence*, 37(5), 453-465.
- Fombonne, E. (2003). Epidemiological surveys of autism and other pervasive developmental disorders: an update. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(4), 365-382.
- Forgeot d'Arc, B., Geoffray, M. M., Berthiaume, C., Caron, C., & Soulières, I. (2012). *Prédiction du profil cognitif en fonction des caractéristiques comportementales à l'âge préscolaire. Symposium : Profil cognitif et intelligence en autisme : de nouvelles pièces au casse-tête.* . Paper presented at the Annual Meeting of the Société québécoise pour la recherche en psychologie (SQRP), Sherbrooke, Canada.
- Freeman, B., Lucas, J. C., Forness, S. R., & Ritvo, E. (1985). Cognitive processing of high-functioning autistic children: Comparing the K-ABC and the WISC-R. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 3(4), 357-362.
- Freeman, B., Ritvo, E. R., Yokota, A., Childs, J., & Pollard, J. (1988). WISC-R and Vineland Adaptive Behavior Scale Scores in Autistic Children. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 27(4), 428-429.
- Frith, U. (1989). *Autism, explaining the enigma*. Oxford: Blackwell publishing.

- Gabriels, R. L., Agnew, J. A., Miller, L. J., Gralla, J., Pan, Z., Goldson, E., . . . Hooks, E. (2008). Is there a relationship between restricted, repetitive, stereotyped behaviors and interests and abnormal sensory response in children with autism spectrum disorders? *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2(4), 660-670.
- Gabriels, R. L., Cuccaro, M. L., Hill, D. E., Ivers, B. J., & Goldson, E. (2005). Repetitive behaviors in autism: Relationships with associated clinical features. *Research in developmental disabilities*, 26(2), 169-181.
- 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 & Its Development*: JM Dent and Company.
- Galton, F. (1890). Mental tests and measurements. *Mind*, 15(59), 373-381.
- Geurts, H. M., Verté, S., Oosterlaan, J., Roeyers, H., & Sergeant, J. A. (2004). How specific are executive functioning deficits in attention deficit hyperactivity disorder and autism? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(4), 836-854.
- Ghisletta, P., & Lindenberger, U. (2005). Exploring structural dynamics within and between sensory and intellectual functioning in old and very old age: Longitudinal evidence from the Berlin Aging Study. *Intelligence*, 33(6), 555-587.
- Goldman, S., Wang, C., Salgado, M. W., Greene, P. E., Kim, M., & Rapin, I. (2009). Motor stereotypies in children with autism and other developmental disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(1), 30-38.
- Gotham, K., Bishop, S. L., Hus, V., Huerta, M., Lund, S., Buja, A., . . . Lord, C. (2013). Exploring the relationship between anxiety and insistence on sameness in autism spectrum disorders. *Autism Research*, 6(1), 33-41.
- Gotham, K., Pickles, A., & Lord, C. (2009). Standardizing ADOS scores for a measure of severity in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(5), 693-705.
- Gould, S. J. (1981). *The mismeasure of men*. New-York: W.W. Norton.
- Grant, K. P., & Davis, G. (2009). Perception and apperception in autism: rejecting the inverse assumption. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1522), 1393-1398.
- Greene, R. L. (2000). *The MMPI-2: An interpretive manual*: Allyn & Bacon.
- Griffiths, R. (1976). *Griffiths mental development scales*: Test Agency.
- Grigorenko, E. L., Klin, A., & Volkmar, F. (2003). Annotation: Hyperlexia: disability or superability? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(8), 1079-1091.
- Grondhuis, S. N., & Mulick, J. A. (2013). Comparison of the Leiter International Performance Scale-Revised and the Stanford-Binet Intelligence Scales, in children with autism spectrum disorders. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 118(1), 44-54.
- Hamilton, A. F. d. C., Brindley, R., & Frith, U. (2009). Visual perspective taking impairment in children with autistic spectrum disorder. *Cognition*, 113(1), 37-44.
- Hammill, D. D., Pearson, N. A., & Voress, J. K. (1993). *Developmental Test of Visual Perception: DTVP-2*: Pro-ed Austin, TX.
- Hansen, S. N., Schendel, D. E., & Parner, E. T. (2015). Explaining the increase in the prevalence of autism spectrum disorders: the proportion attributable to changes in reporting practices. *JAMA pediatrics*, 169(1), 56-62.

- Happé, F. (1999). Autism: cognitive deficit or cognitive style? *Trends in cognitive sciences*, 3(6), 216-222.
- Happé, F., & Frith, U. (2006). The weak coherence account: detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 5-25.
- Hare-Harris, A. E., Mitchel, M. W., King, B. R., Myers, S. M., Greene, B., Martin, C. L., . . . Brzustowicz, L. M. (2016). *Developmental Deviance of Item-Level Responses on Standardized Language Measures Correlates with Autism Spectrum Disorder Diagnosis*. Paper presented at the International Meeting for Autism Research, Baltimore.
- Harrop, C., McConachie, H., Emsley, R., Leadbitter, K., & Green, J. (2014). Restricted and Repetitive Behaviors in Autism Spectrum Disorders and Typical Development: Cross-Sectional and Longitudinal Comparisons. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 44(5).
- 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.
- Heaton, P. (2003). Pitch memory, labelling and disembedding in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(4), 543-551.
- Heaton, P., Davis, R. E., & Happé, F. (2008). Research note: Exceptional absolute pitch perception for spoken words in an able adult with autism. *Neuropsychologia*, 46(7), 2095-2098.
- Heaton, P., Hudry, K., Ludlow, A., & Hill, E. (2008). Superior discrimination of speech pitch and its relationship to verbal ability in autism spectrum disorders. *Cognitive neuropsychology*, 25(6), 771-782.
- Helmbold, N., Troche, S., & Rammsayer, T. (2006). Temporal information processing and pitch discrimination as predictors of general intelligence. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 60(4), 294.
- Hill, D., Saville, C. W., Kiely, S., Roberts, M. V., Boehm, S. G., Haenschel, C., & Klein, C. (2011). Early electro-cortical correlates of inspection time task performance. *Intelligence*, 39(5), 370-377.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences. *Journal of educational psychology*, 57(5), 253.
- Hunt, E. (2010). *Human intelligence*: Cambridge University Press.
- Idring, S., Rai, D., Dal, H., Dalman, C., Sturm, H., Zander, E., . . . Magnusson, C. (2012). Autism spectrum disorders in the Stockholm Youth Cohort: design, prevalence and validity. *PLoS ONE*, 7(7), e41280.
- Iossifov, I., O'Roak, B. J., Sanders, S. J., Ronemus, M., Krumm, N., Levy, D., . . . Patterson, K. E. (2014). The contribution of de novo coding mutations to autism spectrum disorder. *Nature*, 515(7526), 216-221.
- Jacques, C. (2011). *Validation d'une situation de stimulation suscitant des comportements stéréotypés et des intérêts restreints chez le jeune enfant autiste (Thèse de doctorat, Université de Montreal)*. Récupéré de: <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/9759>.
- Jarrold, C., Gilchrist, I. D., & Bender, A. (2005). Embedded figures detection in autism and typical development: Preliminary evidence of a double dissociation in relationships with visual search. *Developmental Science*, 8(4), 344-351.

- Jensen, A. R. (1998). The g factor: The science of mental ability.
- Jensen, A. R. (2002). Galton's legacy to research on intelligence. *Journal of Biosocial Science*, 34(02), 145-172.
- Jensen, C. M., Steinhausen, H.-C., & Lauritsen, M. B. (2014). Time trends over 16 years in incidence-rates of autism spectrum disorders across the lifespan based on nationwide Danish register data. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(8), 1808-1818.
- Joseph, R. M., Keehn, B., Connolly, C., Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2009). Why is visual search superior in autism spectrum disorder? *Developmental Science*, 12(6), 1083-1096.
- 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.
- Kaldy, Z., Kraper, C., Carter, A. S., & Blaser, E. (2011). Toddlers with autism spectrum disorder are more successful at visual search than typically developing toddlers. *Developmental Science*, 14(5), 980-988.
- 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 Disorders*, 41(8), 1007-1018.
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, 2, 217-253.
- Kaufman, A. S., & Kaufman, N. L. (1983). *K-ABC--Kaufman assessment battery for children: Administration and scoring manual*: American Guidance Service.
- Kaufman, A. S., & Kaufman, N. L. (2004). *Kaufman Assessment Battery for Children: Technical manual* (2nd ed.). Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Keen, D., & Ward, S. (2004). Autistic spectrum disorder a child population profile. *Autism*, 8(1), 39-48.
- Keith, T. Z., & Reynolds, M. R. (2010). Cattell–Horn–Carroll abilities and cognitive tests: What we've learned from 20 years of research. *Psychology in the Schools*, 47(7), 635-650.
- Kemner, C., Van Ewijk, L., Van Engeland, H., & Hooge, I. (2008). Brief report: Eye movements during visual search tasks indicate enhanced stimulus discriminability in subjects with PDD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(3), 553-557.
- Kim, S. H., & Lord, C. (2010). Restricted and repetitive behaviors in toddlers and preschoolers with autism spectrum disorders based on the autism diagnostic observation schedule (ADOS). *Autism Research*, 3(4), 162-173.
- Kim, Y. S., Fombonne, E., Koh, Y.-J., Kim, S.-J., Cheon, K.-A., & Leventhal, B. L. (2014). A comparison of DSM-IV pervasive developmental disorder and DSM-5 autism spectrum disorder prevalence in an epidemiologic sample. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 53(5), 500-508.
- Kinney, D. K., Barch, D. H., Chayka, B., Napoleon, S., & Munir, K. M. (2010). Environmental risk factors for autism: do they help cause de novo genetic mutations that contribute to the disorder? *Medical hypotheses*, 74(1), 102-106.

- Kjelgaard, M. M., & Tager-Flusberg, H. (2001). An investigation of language impairment in autism: Implications for genetic subgroups. *Language and cognitive processes, 16*(2-3), 287-308.
- Klin, A., Danovitch, J. H., Merz, A. B., & Volkmar, F. R. (2007). Circumscribed Interests in Higher Functioning Individuals With Autism Spectrum Disorders: An Exploratory Study. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities, 32*(2), 89-100.
- Klin, A., Lin, D. J., Gorrindo, P., Ramsay, G., & Jones, W. (2009). Two-year-olds with autism orient to non-social contingencies rather than biological motion. *Nature, 459*(7244), 257-261.
- Kranzler, J. H., & Jensen, A. R. (1991). The nature of psychometric g: Unitary process or a number of independent processes? *Intelligence, 15*(4), 397-422.
- La Malfa, G., Lassi, S., Bertelli, M., Salvini, R., & Placidi, G. (2004). Autism and intellectual disability: a study of prevalence on a sample of the Italian population. *Journal of Intellectual Disability Research, 48*(3), 262-267.
- 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.
- Langlois, V., Beauchamp Chatel, A., Larose, V., Courchesne, V., Mineau, S., Mottron, L., & Jacques, C. (2016). *Studying Restricted and Repetitive Behaviors : An Individual Items Versus a Clustered Approach of Analysis*. Paper presented at the International Meeting for Autism Research, Baltimore, USA.
- Larson, G. E., & Saccuzzo, D. P. (1989). Cognitive correlates of general intelligence: Toward a process theory of g. *Intelligence, 13*(1), 5-31.
- Lawson, R. P., Rees, G., & Friston, K. J. (2014). An aberrant precision account of autism. *Frontiers in human neuroscience, 8*.
- Le petit Larousse 2016 illustré. Les éditions Larousse.
- Leekam, S. R., López, B., & Moore, C. (2000). Attention and joint attention in preschool children with autism. *Developmental psychology, 36*(2), 261.
- Leekam, S. R., Prior, M. R., & Uljarevic, M. (2011). Restricted and repetitive behaviors in autism spectrum disorders: a review of research in the last decade. *Psychological bulletin, 137*(4), 562.
- Leiter, R. G. (1936). *The Leiter International Performance Scale*. Chicago, IL: Stoelting.
- Li, S.-C., Jordanova, M., & Lindenberger, U. (1998). From good senses to good sense: A link between tactile information processing and intelligence. *Intelligence, 26*(2), 99-122.
- Lidstone, J., Uljarević, M., Sullivan, J., Rodgers, J., McConachie, H., Freston, M., . . . Leekam, S. (2014). Relations among restricted and repetitive behaviors, anxiety and sensory features in children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders, 8*(2), 82-92.
- Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: a strong connection. *Psychology and aging, 9*(3), 339.
- Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook Jr, E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., . . . Rutter, M. (2000). The Autism Diagnostic Observation Schedule—Generic: A standard

- measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(3), 205-223.
- Lord, C., Rutter, M., & Le Couteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(5), 659-685.
- Lord, C., & Schopler, E. (1989). The role of age at assessment, developmental level, and test in the stability of intelligence scores in young autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 19(4), 483-499.
- Lundström, S., Reichenberg, A., Anckarsäter, H., Lichtenstein, P., & Gillberg, C. (2015). Autism phenotype versus registered diagnosis in Swedish children: prevalence trends over 10 years in general population samples. *The BMJ*, 350.
- Ma, W. J., Beck, J. M., Latham, P. E., & Pouget, A. (2006). Bayesian inference with probabilistic population codes. *Nature neuroscience*, 9(11), 1432-1438.
- Mackintosh, N. (2011). *IQ and human intelligence*: Oxford University Press.
- Markram, K., & Markram, H. (2010). The intense world theory—a unifying theory of the neurobiology of autism. *Frontiers in human neuroscience*, 4.
- Martin, A. W., & Wiechers, J. E. (1954). Raven's Colored Progressive Matrices and the Wechsler Intelligence Scale for Children. *Journal of Consulting Psychology*, 18(2), 143-144. doi:10.1037/h0055913
- Matson, J. L., & Shoemaker, M. (2009). Intellectual disability and its relationship to autism spectrum disorders. *Research in developmental disabilities*, 30(6), 1107-1114.
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2003). Analysis of WISC-III, Stanford-Binet: IV, and academic achievement test scores in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(3), 329-341.
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2008). WISC-IV and WIAT-II profiles in children with high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(3), 428-439.
- 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.
- McLeod, H. N., & Rubin, J. (1962). Correlation between Raven Progressive Matrices and the WAIS. *Journal of Consulting Psychology*, 26(2), 190.
- Meilleur, A.-A. S., Berthiaume, C., Bertone, A., & Mottron, L. (2014). Autism-Specific Covariation in Perceptual Performances: “g” or “p” Factor? *PLoS ONE*, 9(8).
- Merikangas, A., Segurado, R., Heron, E., Anney, R., Paterson, A., Cook, E., . . . Gill, M. (2014). The phenotypic manifestations of rare genic CNVs in autism spectrum disorder. *Molecular psychiatry*.
- Meyer, C. S., Haggmann-von Arx, P., Lemola, S., & Grob, A. (2010). Correspondence between the general ability to discriminate sensory stimuli and general intelligence. *Journal of Individual Differences*.
- Militermi, R., Bravaccio, C., Falco, C., Fico, C., & Palermo, M. T. (2002). Repetitive behaviors in autistic disorder. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 11(5), 210-218.
- Minshew, N. J., & Williams, D. L. (2007). The new neurobiology of autism: cortex, connectivity, and neuronal organization. *Archives of neurology*, 64(7), 945-950.
- Mirenda, P., Smith, I. M., Vaillancourt, T., Georgiades, S., Duku, E., Szatmari, P., . . . Volden, J. (2010). Validating the repetitive behavior scale-revised in young children with

- autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(12), 1521-1530.
- Mooney, E. L., Gray, K. M., Tonge, B. J., Sweeney, D. J., & Taffe, J. R. (2009). Factor analytic study of repetitive behaviours in young children with pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(5), 765-774.
- 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., 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 & Biobehavioral Reviews*, 47, 735-752.
- Mottron, L., Bouvet, L., Bonnel, A., Samson, F., Burack, J. A., Dawson, M., & Heaton, P. (2013). Veridical mapping in the development of exceptional autistic abilities. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(2), 209-228.
- Mottron, L., & Burack, J. A. (2001). Enhanced perceptual functioning in the development of autism. In Burack, Charman, Yirmiya, & Zelazo (Eds.), *The development of autism: Perspectives from theory and research* (pp. pp. 131–148). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Mottron, L., Dawson, M., & Soulières, I. (2009). Enhanced perception in savant syndrome: patterns, structure and creativity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1522), 1385-1391.
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced Perceptual Functioning in Autism: An Update, and Eight Principles of Autistic Perception. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 27-43. doi:10.1007/s10803-005-0040-7
- Mottron, L., Mineau, S., Martel, G., Bernier, C. S.-C., 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(01), 23-36.
- Mottron, L., Mineau, S., Martel, G., St-Charles Bernier, C., 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(01), 23-36. doi:10.1017/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.
- Mottron, L., Soulières, I., Courchesne, V., Nader, A.-M., Forgeot d'Arc, B., & Barbeau, E. B. (2012). *Principes de l'intervention en autisme, l'évaluation de l'intelligence en autisme et ses conséquences*. Paper presented at the Journée nationale des Centres Ressource autisme (CRA), Caen, France.
- Mukerji, C., Mottron, L., & McPartland, J. C. (2013). Enhanced Perceptual Functioning *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders* (pp. 1117-1118): Springer.
- Mullen, E. M. (1995). *Mullen scales of early learning*: AGS Circle Pines, MN.
- Mundy, P., Sigman, M., & Kasari, C. (1990). A longitudinal study of joint attention and language development in autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 20(1), 115-128.

- Munson, J., Dawson, G., Sterling, L., Beauchaine, T., Zhou, A., Koehler, E., . . . Estes, A. (2008). Evidence for latent classes of IQ in young children with autism spectrum disorder. *American Journal on Mental Retardation*, *113*(6), 439-452.
- Nader, A.-M., Courchesne, V., Dawson, M., & Soulières, I. (2014). Does WISC-IV Underestimate the Intelligence of Autistic Children? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-8.
- 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.
- Neisser, U. (1998). *The rising curve: Long-term gains in IQ and related measures*: American Psychological Association.
- Neisser, U., Boodoo, G., Bouchard Jr, T. J., Boykin, A. W., Brody, N., Ceci, S. J., . . . Sternberg, R. J. (1996). Intelligence: knowns and unknowns. *American psychologist*, *51*(2), 77.
- Nettelbeck, T., & Kirby, N. (1983). Measures of timed performance and intelligence. *Intelligence*, *7*(1), 39-52.
- Newman, T., Macomber, D., Naples, A., Babitz, T., Volkmar, F., & Grigorenko, E. (2007). Hyperlexia in Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *37*(4), 760-774. doi:10.1007/s10803-006-0206-y
- O'Riordan, M., & Plaisted, K. (2001). Enhanced discrimination in autism. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, *54*(4), 961-979.
- O'Riordan, M. A. (2004). Superior visual search in adults with autism. *Autism*, *8*(3), 229-248.
- O'Riordan, M. A., Plaisted, K. C., Driver, J., & Baron-Cohen, S. (2001). Superior visual search in autism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27*(3), 719-730. doi:10.1037/0096-1523.27.3.719
- Oliveras-Rentas, R., Kenworthy, L., Roberson, R., Martin, A., & Wallace, G. (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. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(5), 655-664. doi:10.1007/s10803-011-1289-7
- Olsson, H., Björkman, C., Haag, K., & Juslin, P. (1998). Auditory inspection time: On the importance of selecting the appropriate sensory continuum. *Personality and Individual Differences*, *25*(4), 627-634.
- Pellicano, E., & Burr, D. (2012). When the world becomes 'too real': a Bayesian explanation of autistic perception. *Trends in cognitive sciences*, *16*(10), 504-510.
- Pellicano, E., Gibson, L., Maybery, M., Durkin, K., & Badcock, D. R. (2005). Abnormal global processing along the dorsal visual pathway in autism: a possible mechanism for weak visuospatial coherence? *Neuropsychologia*, *43*(7), 1044-1053.
- 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.
- Pierce, K., Conant, D., Hazin, R., Stoner, R., & Desmond, J. (2011). Preference for geometric patterns early in life as a risk factor for autism. *Archives of general psychiatry*, *68*(1), 101-109.

- Plaisted, K., O'Riordan, M., & Baron-Cohen, S. (1998). Enhanced visual search for a conjunctive target in autism: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39(05), 777-783.
- Plaisted, K., Swettenham, J., & Rees, L. (1999). Children with autism show local precedence in a divided attention task and global precedence in a selective attention task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40(05), 733-742.
- Poustka, F., & Lisch, S. (1993). Autistic behaviour domains and their relation to self-injurious behaviour. *Acta paedopsychiatrica*, 56(2), 69-73.
- Prabhakaran, V., Smith, J. A., Desmond, J. E., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. (1997). Neural substrates of fluid reasoning: an fMRI study of neocortical activation during performance of the Raven's Progressive Matrices Test. *Cognitive psychology*, 33(1), 43-63.
- Prokosch, M. D., Yeo, R. A., & Miller, G. F. (2005). Intelligence tests with higher g-loadings show higher correlations with body symmetry: Evidence for a general fitness factor mediated by developmental stability. *Intelligence*, 33(2), 203-213.
- Rapin, I., Dunn, M. A., Allen, D. A., Stevens, M. C., & Fein, D. (2009). Subtypes of language disorders in school-age children with autism. *Developmental Neuropsychology*, 34(1), 66-84.
- Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1998). *Raven Manual*. Oxford, England: Oxford Psychologists Press.
- Ray-Subramanian, C. E., Huai, N., & Weismer, S. E. (2011). Brief report: Adaptive behavior and cognitive skills for toddlers on the autism spectrum. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(5), 679-684.
- Renninger, A., Hidi, S., & Krapp, A. (2014). *The role of interest in learning and development*: Psychology Press.
- Reynolds, M. R., Keith, T. Z., Fine, J. G., Fisher, M. E., & Low, J. A. (2007). Confirmatory factor structure of the Kaufman Assessment Battery for Children--: Consistency with Cattell-Horn-Carroll theory. *School Psychology Quarterly*, 22(4), 511.
- Rinaldi, T., Kulangara, K., Antonello, K., & Markram, H. (2007). Elevated NMDA receptor levels and enhanced postsynaptic long-term potentiation induced by prenatal exposure to valproic acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(33), 13501-13506.
- Rinaldi, T., Perrodin, C., & Markram, H. (2008). Hyper-connectivity and hyper-plasticity in the medial prefrontal cortex in the valproic acid animal model of autism. *Frontiers in Neural Circuits*, 2.
- Rivard, M., Terroux, A., Mercier, C., & Parent-Boursier, C. (2015). Indicators of intellectual disabilities in young children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(1), 127-137.
- Roberts, R. D., Stankov, L., Pallier, G., & Dolph, B. (1997). Charting the cognitive sphere: Tactile-kinesthetic performance within the structure of intelligence. *Intelligence*, 25(2), 111-148.
- Robinson, E. B., Samocha, K. E., Kosmicki, J. A., McGrath, L., Neale, B. M., Perlis, R. H., & Daly, M. J. (2014). Autism spectrum disorder severity reflects the average contribution of de novo and familial influences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(42), 15161-15165.

- Robinson, E. B., St Pourcain, B., Anttila, V., Kosmicki, J. A., Bulik-Sullivan, B., Grove, J., . . . Ripke, S. (2016). Genetic risk for autism spectrum disorders and neuropsychiatric variation in the general population. *Nature genetics*, *48*(5), 552-555.
- Rogers, S. J., Hepburn, S. L., Stackhouse, T., & Wehner, E. (2003). Imitation performance in toddlers with autism and those with other developmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *44*(5), 763-781.
- Roid, G. H. (2003). *Stanford Binet intelligence scales* (5th ed.). Itasca, IL: Riverside Publishing.
- Roid, G. H., & Miller, L. J. (1997). *Leiter International Performance Scale-Revised (Leiter-R)*. Wood Dale, IL: Stoelting.
- Roid, G. H., & Miller, L. J. (2013). *Leiter International Performance Scale, Third Edition (Leiter-3)*.
- Ronemus, M., Iossifov, I., Levy, D., & Wigler, M. (2014). The role of de novo mutations in the genetics of autism spectrum disorders. *Nature Reviews Genetics*, *15*(2), 133-141.
- Ropar, D., & Mitchell, P. (2001). Susceptibility to illusions and performance on visuospatial tasks in individuals with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *42*(04), 539-549.
- Rosenberg, R. E., Law, J. K., Yenokyan, G., McGready, J., Kaufmann, W. E., & Law, P. A. (2009). Characteristics and concordance of autism spectrum disorders among 277 twin pairs. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, *163*(10), 907-914.
- Sahyoun, C. P., Soulières, I., Belliveau, J. W., Mottron, L., & Mody, M. (2009). Cognitive differences in pictorial reasoning between high-functioning autism and Asperger's syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(7), 1014-1023.
- Samson, F., Mottron, L., Soulières, I., & Zeffiro, T. A. (2012). Enhanced visual functioning in autism: An ALE meta-analysis. *Human Brain Mapping*, *33*(7), 1553-1581.
- Scheuffgen, K., Happé, F., Anderson, M., & Frith, U. (2000). High "intelligence," low "IQ"? Speed of processing and measured IQ in children with autism. *Development and Psychopathology*, *12*(1), 83-90.
- 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. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *15*(2), 195-203.
- Sigman, M., Mundy, P., Sherman, T., & Ungerer, J. (1986). Social interactions of autistic, mentally retarded and normal children and their caregivers. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *27*(5), 647-656.
- Simard, I., Luck, D., Mottron, L., Zeffiro, T. A., & Soulières, I. (2015). Autistic fluid intelligence: Increased reliance on visual functional connectivity with diminished modulation of coupling by task difficulty. *NeuroImage: Clinical*, *9*, 467-478.
- Simmons, D. R., Robertson, A. E., McKay, L. S., Toal, E., McAleer, P., & Pollick, F. E. (2009). Vision in autism spectrum disorders. *Vision research*, *49*(22), 2705-2739.
- Sinha, P., Kjelgaard, M. M., Gandhi, T. K., Tsourides, K., Cardinaux, A. L., Pantazis, D., . . . Held, R. M. (2014). Autism as a disorder of prediction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(42), 15220-15225.

- Snow, R. E., Kyllonen, P. C., & Marshalek, B. (1984). The topography of ability and learning correlations. *Advances in the psychology of human intelligence*, 2(S 47), 103.
- 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).
- 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. doi:10.1002/hbm.20831
- Soulières, I., Zeffiro, T. A., Girard, M. L., & Mottron, L. (2011). Enhanced mental image mapping in autism. *Neuropsychologia*, 49(5), 848-857. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.01.027
- Spearman, C. (1904). "General Intelligence," objectively determined and measured. *The American Journal of Psychology*, 15(2), 201-292.
- Stanutz, S., Wapnick, J., & Burack, J. A. (2014). Pitch discrimination and melodic memory in children with autism spectrum disorders. *Autism*, 18(2), 137-147.
- Stern, W. (1914). *The psychological methods of testing intelligence*: Warwick & York.
- Stevenson, J. L., & Gernsbacher, M. A. (2013). Abstract spatial reasoning as an autistic strength. *PLoS ONE*, 8(3).
- Stronach, S., & Wetherby, A. M. (2014). Examining restricted and repetitive behaviors in young children with autism spectrum disorder during two observational contexts. *Autism*, 18(2), 127-136.
- Stutsman, R. (1931). *Mental measurement of preschool children: with a guide for the administration of the Merrill-Palmer Scale of Mental Tests*: World Book Company.
- Suzuki, Y., Critchley, H. D., Rowe, A., Howlin, P., & Murphy, D. G. (2014). Impaired olfactory identification in Asperger's syndrome. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*.
- 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.
- Szatmari, P., Georgiades, S., Duku, E., Bennett, T. A., Bryson, S., Fombonne, E., . . . Vaillancourt, T. (2015). Developmental trajectories of symptom severity and adaptive functioning in an inception cohort of preschool children with autism spectrum disorder. *Journal of American Medical Association; psychiatry*, 72(3), 276-283. doi:10.1001/jamapsychiatry.2014.2463
- Szatmari, P., Merette, C., Emond, C., Zwaigenbaum, L., Jones, M. B., Maziade, M., . . . Palmour, R. (2008). Decomposing the autism phenotype into familial dimensions. *American Journal of Medical Genetics Part B, Neuropsychiatric Genetics: the Official Publication of the International Society of Psychiatric Genetics*, 147B(1), 3-9.
- Takesaki, N., Kikuchi, M., Yoshimura, Y., Hiraishi, H., Hasegawa, C., Kaneda, R., . . . Minabe, Y. (2016). The Contribution of Increased Gamma Band Connectivity to Visual Non-Verbal Reasoning in Autistic Children: A MEG Study. *PLoS ONE*, 11(9), e0163133.
- Taub, G. E., & McGrew, K. S. (2004). A Confirmatory Factor Analysis of Cattell-Horn-Carroll Theory and Cross-Age Invariance of the Woodcock-Johnson Tests of Cognitive Abilities III. *School Psychology Quarterly*, 19(1), 72.

- Tavassoli, T., & Baron-Cohen, S. (2012a). Olfactory detection thresholds and adaptation in adults with autism spectrum condition. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(6), 905-909.
- Tavassoli, T., & Baron-Cohen, S. (2012b). Taste identification in adults with autism spectrum conditions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(7), 1419-1424.
- Thurstone, L. (1936). A new conception of intelligence. *Educational Record*.
- Trahan, L. H., Stuebing, K. K., Fletcher, J. M., & Hiscock, M. (2014). The Flynn effect: a meta-analysis. *Psychological bulletin*, 140(5), 1332.
- Troyb, E., Knoch, K., Herlihy, L., Stevens, M. C., Chen, C.-M., Barton, M., . . . Fein, D. (2016). Restricted and Repetitive Behaviors as Predictors of Outcome in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(4), 1282-1296.
- Turner, M. (1999). Annotation: Repetitive behaviour in autism: A review of psychological research. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40(06), 839-849.
- Van de Cruys, S., Evers, K., Van der Hallen, R., Van Eylen, L., Boets, B., de-Wit, L., & Wagemans, J. (2014). Precise minds in uncertain worlds: Predictive coding in autism. *Psychological review*, 121(4), 649.
- VanMeter, L., Fein, D., Morris, R., Waterhouse, L., & Allen, D. (1997). Delay versus deviance in autistic social behavior. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 27(5), 557-569.
- Venter, A., Lord, C., & Schopler, E. (1992). A follow-up study of high-functioning autistic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 33(3), 489-597.
- Voelke, A. E., Troche, S. J., Rammsayer, T. H., Wagner, F. L., & Roebers, C. M. (2013). Sensory Discrimination, Working Memory and Intelligence in 9 Year Old and 11 Year Old Children. *Infant and Child Development*, 22(5), 523-538.
- Volkmar, F. R., Sparrow, S. S., Goudreau, D., Cicchetti, D. V., Paul, R., & Cohen, D. J. (1987). Social deficits in autism: An operational approach using the Vineland Adaptive Behavior Scales. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 26(2), 156-161.
- Wallace, G. L., Anderson, M., & Happé, F. (2009). Brief report: Information processing speed is intact in autism but not correlated with measured intelligence. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(5), 809-814.
- 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.
- Watson, B. U. (1991). Some relationships between intelligence and auditory discrimination. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 34(3), 621-627.
- Watt, N., Wetherby, A. M., Barber, A., & Morgan, L. (2008). Repetitive and stereotyped behaviors in children with autism spectrum disorders in the second year of life. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(8), 1518-1533.
- Wechsler, D. (2003). *Wechsler Intelligence Scale for Children-WISC-IV*: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2008). *Wechsler adult intelligence scale—Fourth Edition (WAIS-IV)*. San Antonio, TX: NCS Pearson.

- Wechsler, D. (2012). *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence - Fourth Edition (WPPSI-IV)*: Pearson Education.
- Weiss, R. H. (2006). *Grundintelligenztest Skala 2: Revision; CFT 20-R; Manual*: Hogrefe.
- Wicker, B., Monfardini, E., & Royet, J.-P. (2016). Olfactory processing in adults with autism spectrum disorders. *Molecular autism*, 7(1), 1-11.
- Wing, L., & Potter, D. (2002). The epidemiology of autistic spectrum disorders: is the prevalence rising? *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 8(3), 151-161.
- Wolff, J. J., Botteron, K. N., Dager, S. R., Elison, J. T., Estes, A. M., Gu, H., . . . Schultz, R. T. (2014). Longitudinal patterns of repetitive behavior in toddlers with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(8), 945-953.
- Wood, J. J., & Gadow, K. D. (2010). Exploring the Nature and Function of Anxiety in Youth with Autism Spectrum Disorders. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 17(4), 281-292. doi:10.1111/j.1468-2850.2010.01220.x
- 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(4), 895-902.

Annexe 1: Description de la Situation de stimulation et de jeu de Montreal (SSJM)

Durée:

- Environ 30 minutes
- Le temps est mesuré avec un mini *time-timer* qui est remis à zéro après chaque période de jeu.

Disposition de la salle: (voir tableaux 7,8,9,10,11,12,13) Figures 1-2

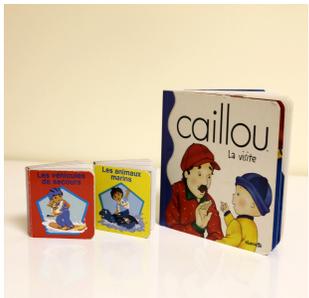
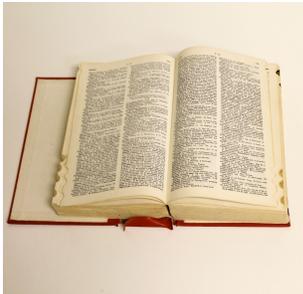
- Table et deux chaises miniatures
- Deux petites tables
- Coffre
- *Time timer* pour indiquer le temps (format mini)
- Miroir (fenêtre d'observation unidirectionnelle)

Matériel:

- 3 ensembles de jouets (voir tableaux 1,2,3,4,5,6)

Tableau 1. Ensemble de jouets 1

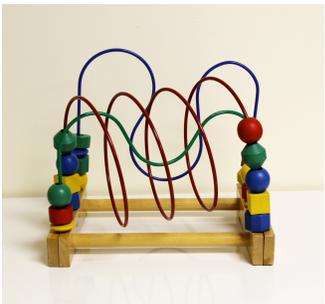
Objets sur la table

| | | |
|--|--|---|
| <p>Cylindre avec billes</p>  |  <p>Boîte à musique</p> | <p>Calendrier</p>  |
| <p>Boules miroirs (2)</p>  | <p>Journal</p>  | <p>Jeu action-réaction</p>  |
| <p>Livres avec texte écrit (3)</p>  | <p>Dictionnaire sans image</p>  | <p>Grenouille</p>  |

| | | |
|---|---|--|
| <p>Téléphone sonore</p>  | <p>Slinky</p>  | |
|---|---|--|

Tableau 2. Ensemble de jouets 2

Objets sur le sol

| | | |
|--|--|---|
| <p>Boulier sur tige</p>  | <p>Train à effet visuel et sonore</p>  | <p>Poupée et biberon</p>  |
| <p>Blocs sonores</p>  | <p>Balles à effet tactile et balles ordinaires (6)</p>  | <p>Panier ou boîte vide</p>  |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Toupie folie à effet visuel et sonore</p>  | <p>Objet vibrant</p>  | <p>Avions et hélicoptères miniatures (2)</p>  |
| <p>Lettres et chiffres sur tableau magnétique</p>  | <p>Balle son et lumière</p>  | <p>Trains (3) et rails</p>  |
| <p>Dinosaures (2)</p>  | <p>Peluche</p>  | <p>Autos miniatures (4)</p>  |
| <p>Dictionnaire imagé</p>  | | |

Tableau 3. Ensemble de jouets 3

Jouets dans le coffre

| | | |
|--|--|--|
| <p>Fusil à bulles</p>  | <p>Auto téléguidée</p>  | <p>Étoile lumineuse et sonore</p>  |
| <p>Bateau : marteau et balles</p>  | <p>Éléfun</p>  | <p>Cerceaux</p>  |
| <p>Encastrement musical</p>  | <p>Ballounes</p>  | <p>Chenille roulante</p>  |
| <p>Application Ipad : "La ferme 1-2-3"</p>  | <p>Boulier</p>  | |

Figure 1. Disposition de la salle



Figure 2. Disposition de la salle



Durant la séance :

- Le parent observe derrière un miroir unidirectionnel.
- Donnez des explications aux parents quant à la procédure qui sera mise en place :

« Vous allez observer la situation derrière un miroir sans tain. Vous pourrez venir dans la salle d'évaluation si l'expérimentateur vous en donne l'indication. Votre enfant sera exposé à des jouets. Il pourra jouer avec les objets laissés à sa disposition, selon des périodes libres ou un peu plus structurées.»

- 5 minutes de jeu libre (l'enfant explore seul son environnement)
- 5 minutes de jeu semi libre (l'expérimentateur active les jouets explorés par l'enfant)
- 15 minutes de jeu semi-structuré (exposition de l'enfant à des objets dans un ordre de passation préétabli)
- 5 minutes de jeu libre (enfant explore, à nouveau, seul son environnement)

Description de la situation : La situation de stimulation comporte 4 étapes

Étape 1: Jeu libre

- Durée: 5 minutes, après 2 minutes de non exploration, passer à l'étape suivante
- Description: L'enfant peut jouer librement avec les jouets laissés à sa disposition sans instruction de l'expérimentateur. L'expérimentateur invite l'enfant à aller jouer en **nommant son nom** : «*Nom de l'enfant*», *Tu peux aller jouer*. L'expérimentateur adopte un rôle d'observateur passif. Il répond minimalement aux interactions initiées par l'enfant (actionner un jouet sur demande).
 - Si l'enfant ne joue pas : Inviter l'enfant à explorer le matériel de jeu : «Regarde les jouets sur le sol. Regarde les jouets sur la table. Tu peux aller jouer».
- Matériel : ensemble 1

Étape 2: Jeu semi-libre

- Durée : 5 minutes, après 2 minutes de non exploration, passer à l'étape suivante.
- Description: L'enfant peut jouer librement avec les jouets laissés à sa disposition. L'expérimentateur actionne les jouets qui suscitent de l'intérêt.
 - Si l'enfant ne joue pas : Inviter l'enfant à explorer le matériel de jeu : «Regarde les jouets sur le sol. Regarde les jouets sur la table. Tu peux aller jouer».

- Matériel: Ensemble 1

Étape 3: Jeu semi-structuré

- Durée: 15 minutes (changement, pilote 2)
- Description: L'enfant a accès aux jouets de la période libre. L'expérimentateur présente les jouets qui sont dans le coffre, selon un ordre prédéterminé:
 - 1- Fusil à bulle
 - 2- Encastrement musical
 - 3- Bateau: marteau et balles
 - 4- Étoile musicale et lumineuse
 - 5- Cerceaux
 - 6- Chenille roulante
 - 7- Auto-téléguidé
 - 8- Éléphant
 - 9- Balloune¹⁰
 - 10- boulier
 - 11- I-Pad : Application La ferme 1-2-3
- On fait un maximum de trois essais avec chaque objet.
 - Si l'enfant ne démontre pas d'intérêt, passer à l'objet suivant
 - Si l'enfant démontre de l'intérêt, lui laisser le jouet (même si les trois essais ne sont pas faits) ou poursuivre l'activation de l'objet. Après une (1) minute, faire deux tentatives douces pour retirer l'objet, puis retrait de l'objet, sauf si l'enfant montre une réaction négative : poursuivre alors la présentation des autres objets, même si l'enfant explore un objet en particulier.
- Matériel : Ensemble 2

Étape 4: Jeu libre

- Durée: 5 minutes
 - Après 2 minutes de non exploration, terminer la passation
- Description: L'enfant peut jouer librement avec les jouets laissés à sa disposition sans instruction de l'expérimentateur.

¹⁰ La balloune sera gonflée et lancée par l'expérimentateur. L'enfant pourra aller chercher la balloune pour obtenir une demande de récurrence, mais l'expérimentateur ne laissera pas l'enfant gonfler la balloune; il lui donnera plutôt une autre balloune.

Procédures de rangement à la fin de la situation de stimulation :

Les jouets peuvent être laissés sur la table, le sol ou dans le bac selon la disposition de la situation de stimulation.

Préalablement, les jouets doivent être soumis à une procédure de nettoyage : eau + détergent (Ministère de la santé et des services sociaux, lignes directrices en hygiène et salubrité). Les jouets doivent être nettoyés entre 2 évaluations. Il faut prévoir 10 minutes pour la période de rangement-nettoyage et 10 minutes pour la préparation de la salle pour une évaluation.

Annexe 2: Grille de cotation de la SSJM

| Comportements | Définition |
|---|--|
| Manipulation des objets | |
| Regrouper des objets selon leurs propriétés perceptives | Regroupe des objets selon leur forme, leur couleur ou leur texture |
| Aligner des objets | Place trois objets et plus selon un patron symétrique, en ligne ou selon une forme (exemple: carré) |
| Écrire (sans crayon) | Place des lettres de plastique pour écrire: son nom, un mot, ou l'alphabet (seuil: au moins quatre lettres), etc. |
| Exercer pression sur des objets | Pèse sur un objet |
| Tenir des objets dans ses mains | Tient un ou plusieurs objets identiques ou différents dans une main ou dans les deux mains (seuil: plus de dix secondes) |
| Poser un objet sur ses oreilles | Pose un objet sur son oreille (autre que le téléphone) |
| Poser un objet sur sa joue | Pose un objet sur sa joue |
| Mettre un objet dans sa bouche | Met un ou des objets dans sa bouche |
| Mise en mouvement des objets | |
| Laisser tomber | Laisse tomber un objet |
| Lancer | Lance un objet |
| Faire tourner | Fait tourner autour d'un axe vertical un ou plusieurs objets sur une surface |
| Rouler | Fait rouler sur un axe horizontal un objet sur le sol, la table, ses jambes ou autre |
| Faire voler | Fait voler des objets (sans les lâcher) |
| Secouer | Secoue un objet dans un mouvement de va-et- |

| | |
|--|--|
| | vient |
| Brasser | Brasse les objets avec une ou deux mains ou avec un autre objet |
| Explorations visuelles | |
| Regard rapproché d'un objet | Examine un objet en l'approchant à une distance de trois pouces ou moins de ses yeux |
| Regard rapproché des doigts ou des mains | Examine ses doigts ou ses mains en les approchant à une distance de trois pouces ou moins de ses yeux |
| Regard latéral d'un objet | Examine un objet avec un regard de côté dirigé vers cet objet en mouvement ou fixe: soit en tournant sa tête du côté opposé à l'objet, soit en laissant sa tête droite et en plaçant l'objet sur le côté de son visage ou de son corps |
| Regard latéral des doigts ou des mains | Examine ses doigts ou ses mains avec un regard de côté dirigé vers ses doigts ou ses mains, en mouvement ou fixes: soit en tournant sa tête du côté opposé à la main/doigts soit en laissant sa tête droite et en plaçant la main/doigts sur le côté de son visage ou de son corps |
| Regard obstrué d'un objet | Examine un objet en obstruant partiellement sa vue: soit en fermant un œil, soit en fermant les deux yeux à moitié, soit en plaçant un objet entre ses yeux et un autre objet |
| Regard obstrué des mains ou des doigts | Examine ses doigts ou ses mains en obstruant partiellement sa vue: soit en fermant un œil, soit en fermant les deux yeux à moitié, soit en plaçant un objet entre ses yeux et ses doigts ou ses mains |
| Cliner des yeux | Ouvre et ferme les yeux (au moins deux fois consécutives) |

| | |
|---|---|
| Crispation du visage | Mouvement du visage. Contraction des yeux, du nez et de la bouche en même temps |
| Explorations orales, auditives ou olfactives | |
| Sentir des objets | Porte un objet sous son nez |
| Mettre les doigts dans ses oreilles | Met un ou des doigts dans les oreilles |
| Mettre les doigts dans sa bouche | Met un ou des doigts dans la bouche |
| Mettre une autre partie du corps dans sa bouche | Met n'importe quelle partie du corps dans la bouche (sauf les doigts) |
| Se boucher les oreilles | Toucher ses oreilles avec ses doigts ou ses mains |
| Mouvements des doigts | |
| Crispation des doigts | Raidit les doigts d'une main ou des deux mains (les doigts peuvent être fléchis ou tendus) |
| Agitation des doigts | Bouge les doigts avec des mouvements rapides et répétitifs |
| Mouvements des mains/bras | |
| Battement des mains (flapping) | Fait le mouvement de battre des mains et des bras semi-fléchis, de haut en bas et de chaque côté du corps |
| Taper des mains | Rapproche les deux mains selon un mouvement semblable à celui d'applaudir |
| Ouvrir/fermer les mains | Ouvre et ferme les mains (seuil: à partir de la troisième fois) |
| Rotation des mains | Fait bouger ses mains avec un mouvement de rotation |
| Mains sur les yeux | Pose les mains sur les yeux (à partir de dix secondes ou après trois fois) |
| Mouvements des bras | Fait bouger un ou ses deux bras (impliquant tout le bras) |
| Frotter les mains | Frotte ses mains ensemble dans un mouvement de |

| | |
|---|--|
| | va-et-vient |
| Mouvements du corps entier | |
| Balancement | Bouge le tronc ou le corps entier selon un mouvement d'avant-arrière ou de gauche à droite ou inversement |
| Sautillement | Saute sur place avec les pieds joints sur le sol ou sur la pointe des pieds (avec les pieds au sol ou les pieds qui quittent le sol) |
| Tournoiement sur soi | Tourne sur lui-même d'un mouvement de rotation du corps en entier |
| Marche sur la pointe des pieds | Se déplace sur la pointe des pieds d'un point X à un point Y |
| Course de long en large | Court d'un point X à un point Y selon un mouvement de va-et-vient |
| Vocalisations et verbalisations | |
| Émettre spontanément des vocalisations | Émet des vocalisations (seuil: plus de deux fois de suite) |
| Répéter des vocalisations entendues (écholalie) | Répète des vocalisations entendues |
| Émettre spontanément des mots | Émet des mots (seuil: plus de deux fois de suite) |
| Répéter des mots entendus (écholalie) | Répète ou tente de répéter un mot entendu ou des mots entendus |
| Émettre spontanément des phrases | Émet une phrase (seuil: plus d'une fois de suite) |
| Répéter des phrases entendues (écholalie) | Répète une phrase entendue |

Annexe 3: Autres articles publiés durant le doctorat

Girard, D., **Courchesne, V.**, Degré-Pelletier, J., Soulières, I. (soumis). A Comparison of Intellectual and Adaptive Functioning in Preschool Autistic Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*.

Courchesne, V., Nader, A-M., Girard, D., Danis, E., Soulières, I. (2016). Le profil cognitif au service des apprentissages: optimiser le potentiel des enfants sur le spectre de l'autisme. Numéro thématique sur les troubles neurodéveloppementaux, *Revue québécoise de psychologie*. Vol 37 (2).

Nader, A.M., **Courchesne, V.**, Dawson, M., Soulières, I. (2014). Does WISC-IV underestimate the intelligence of autistic children? *Journal of Autism and Developmental Disorders*. Vol.46(5), 1582-1589.

Galle, S. A., **Courchesne, V.**, Mottron, L., & Frasnelli, J. (2013). Olfaction in the autism spectrum. *Perception*, 42(3), 341-355.