



Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de  
l'Éducation

**Intérêts spécifiques, perception  
auditivo-verbale et perception visuelle  
dans l'autisme  
avec et sans retard de langage**

Thèse présentée par

**Liliane Chiodo**

En vue de l'obtention du titre de  
Docteur en Psychologie et Sciences de l'Éducation  
Sous la supervision de Steve Majerus

Année académique 2021-2022



## *Remerciements*

---

La concrétisation de cette thèse de doctorat a été réalisable grâce à la collaboration et le soutien de diverses personnes. Je souhaite leur présenter ma plus profonde gratitude.

Mes premiers remerciements s'adressent au Professeur Steve Majerus, Promoteur de ce travail de thèse. Merci pour votre disponibilité sans borne, votre persévérance et votre rigueur scientifique. Vous avez géré avec soin les moments de doute et de questionnement. Collaborer avec vous a été d'une grande richesse intellectuelle et scientifique.

Je remercie également les membres de mon comité d'accompagnement, le Professeur Laurent Mottron et la Professeure Martine Poncelet. Merci, Professeur Mottron pour votre engagement dans les recherches sur le spectre de l'autisme. Votre contribution en tant que chercheur et clinicien permet d'envisager le spectre de l'autisme sous un angle différent, en démontrant les compétences des personnes avec autisme. Merci pour votre précieux enseignement et votre ouverture d'esprit. Merci Professeure Poncelet pour vos conseils, vos lectures et votre accompagnement. Mes remerciements vont également au Professeure Véronique Delvenne et au Professeur Mikhail Kissine,

membres de mon jury de doctorat. Merci de votre intérêt pour le sujet de ma thèse.

Ma gratitude s'adresse également à l'Université de Liège qui a accepté la faisabilité de cette thèse de doctorat et qui a accordé un soutien financier dans le cadre d'un subside fédéral pour la recherche - séjour de recherche à l'étranger, à Montréal.

Ma reconnaissance s'adresse également à l'hôpital Rivières – des – Prairies de Montréal pour son soutien financier lors de notre mission scientifique d'une présentation de nos recherches à la Société International pour la Recherche en Autisme à Baltimore (INSAR). Merci également aux membres de l'équipe du Professeur Mottron pour vos partages d'expériences et votre enseignement sur les tests. Votre gentillesse et votre disponibilité est sans commune mesure.

Merci Sandrine et Elisabeth pour avoir collaboré à la collecte des données en tant qu'étudiantes.

Je remercie profondément tous les adultes et enfants qui ont participé à nos études. Merci de m'avoir accueillie avec enthousiasme et intérêt. C'est grâce à vous que ce travail a pu être mené. Merci également aux parents pour leur contribution.

Je remercie également la Professeure Laurence Rousselle et mes collègues de l'Unité de Psychologie du Développement Cognitif Normal et Atypique. Merci pour les échanges cliniques et théoriques.

Mes chaleureux remerciements sont destinés à ma famille, Yannick et nos deux fils, Quentin et Colin pour leurs réflexions, leurs encouragements et leur bienveillance.

Enfin, la toile colorée des remerciements ne pourrait être complète sans l'ajout d'une dernière touche qui est celle-ci : le tout premier à m'avoir fait confiance et à m'avoir permis toutes ces fabuleuses rencontres fut le Professeur Emérite Jean-Jacques Detraux. Je tiens à lui rendre hommage.



# Table des matières

---

## PRÉFACE

## **INTRODUCTION THEORIQUE** **17**

---

### **CHAPITRE 1 : SPECTRE AUTISTIQUE ( SA)** **17**

#### **1.1 Définition et étiologies** **19**

1.1.1 L'autisme : définition, classification et diagnostic 19

1.1.2 Hypothèses étiologiques et neurobiologiques 22

1.1.2.1 Génétique 22

1.1.2.2 Structure et fonctionnement cérébral 23

#### **1.2 Caractéristiques cognitives de l'autisme** **25**

1.2.1 Perception 25

1.2.2 Attention 28

1.2.3 Fonctions exécutives 29

1.2.4 Langage 31

1.2.5 Mémoire 34

1.2.6 Efficience intellectuelle 39

1.2.7 Théorie de l'Esprit 41

1.2.8 Comportements répétitifs 42

Résumé 45

### **CHAPITRE 2 : SPÉCIFICITÉS PERCEPTUELLES ET INTÉRÊTS SPÉCIFIQUES DANS LE SA** **47**

#### **2.1 Spécificités perceptuelles visuelles** **47**

2.1.1 Théorie de la Forme 47

2.1.2 Traitement global et local visuel 48

2.1.3 Spécificités du traitement perceptif visuel dans le SA 50

2.1.3.1 Modèles du fonctionnement perceptif 50

2.1.3.2 La faiblesse de cohérence centrale 50

2.1.3.3 Une supériorité perceptive : le modèle EPF 51

2.1.3.4	Traitements Local/Global ?	57
2.1.3.5	Approches Bayésiennes	60
<b>2.2</b>	<b>Spécificités auditives dans le SA</b>	<b>62</b>
2.2.1	La perception auditive : Les aspects acoustiques du son	62
2.2.2	La perception de la parole	63
2.2.3	Traitement auditif dans l'autisme	65
2.2.4	Systèmes top-down et bottom-up dans la perception de la parole dans le SA	68
<b>2.3</b>	<b>Intérêts spécifiques</b>	<b>69</b>
2.3.1	Définition	69
2.3.2	Caractéristiques	70
2.3.3	Facteurs influençant la nature des intérêts spécifiques	75
	Résumé	<b>77</b>
	<b>CHAPITRE 3 : DISTINCTION ENTRE AUTISME AVEC ET SANS RETARD DE LANGAGE</b>	<b>79</b>
<b>3.1</b>	<b>Profils cognitifs du SA avec et sans retard langagier</b>	<b>79</b>
<b>3.2</b>	<b>Importance de la distinction entre SA avec et sans retard de langage pour la compréhension des capacités perceptuelles atypiques et des intérêts spécifiques</b>	<b>83</b>
	Résumé	<b>86</b>
	<b>CHAPITRE 4 : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES</b>	<b>89</b>
	<b>PARTIE EXPÉRIMENTALE</b>	<b>97</b>
	<hr/>	
	<b>ETUDE 1</b>	<b>99</b>
1.	Introduction	101
2.	Methods	104
3.	Results	115
4.	Discussion	127



**ETUDE 2** **135**

1.Introduction 137

2.Methods 140

3.Results 147

4.Discussion 155

**ETUDE 3** **163**

1.Introduction 165

2.Methods 171

3.Results 179

4.Discussion 190

**ETUDE 4** **197**

1.Introduction 198

2.Methods 203

3.Results 212

4.Discussion 225

**DISCUSSION GÉNÉRALE** **231**

---

**DISCUSSION GÉNÉRALE** **233**

1. Synthèse des résultats 233

2. Implications de la distinction entre autisme avec et sans retard du langage pour  
l'étude des spécificités perceptuelles dans l'autisme 237

3. Intérêts spécifiques dans l'autisme 242

4. Implications pour la prise en charge 244

**CONCLUSIONS 247**

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 249**

---

**ANNEXE 337**

---





# Préface

---

*« Il est des hommes en qui le génie repose à leur insu ; il faut quelque évènement qui les en avertisse ; je les compare à ces fleurs que les aquilons tiennent fermées, et qu'un simple rayon du soleil peut faire épanouir ».*

Cette citation de Stanislas Leszczyński, Roi de Pologne et auteur du « Philosophe Bienfaisant » (1764), énonce toute la noblesse qu'il faut rendre aux singularités divergentes. Cette thèse se veut être un coup de projecteur sur quelques spécificités rencontrées dans le Spectre Autistique (SA) <sup>1</sup> et par là-même, tente de mettre en évidence les ressources cognitives rencontrées chez nos sujets d'étude, en termes d'intérêts, de perceptions visuelles et auditives.

Les personnes avec autisme semblent attirées plus que les personnes non-autistes par les aspects perceptifs de l'environnement et les régularités dans l'environnement visuel et auditif (Mottron & Dawson, 2013 ; Driver & Baron-Cohen, 2001). Un exemple qui l'illustre sont les « inspections prolongées » de formes

---

<sup>1</sup> Nous convenons d'appeler "SA" et non "TSA" les différentes manifestations du spectre autistique, en raison de la distinction fondamentale entre le niveau d'adaptation et le diagnostic dans cette population.

tridimensionnelles (comme des lettres en plastiques) qui seront inspectées de manière systématique, alignées ou mises en mouvement par les enfants autistes non verbaux, sans langage oral.

La littérature concernant l'existence et la nature des spécificités de traitement et les caractéristiques présentées par des personnes avec SA est toutefois très hétérogène. L'objectif de notre travail a été de mieux comprendre cette hétérogénéité en nous focalisant sur une dimension qui est trop souvent ignorée, celle de la présence ou non de troubles du développement du langage. L'autisme implique une variabilité des compétences langagières, de l'absence de langage oral avant l'âge de 3 ans à un langage tout à fait élaboré à l'âge adulte. L'objectif de ce travail de thèse a été d'étudier si cette large gamme d'acquisition et de capacités verbales pouvaient influencer la nature des intérêts, les perceptions visuelles et les perceptions auditives.

Ce travail de thèse se décline en quatre études. **Une première étude** a réalisé une comparaison entre l'autisme sans et avec retard de langage afin de mieux comprendre la nature des intérêts spécifiques qui caractérisent les personnes adultes avec SA. Cette étude a testé l'hypothèse selon laquelle le retard du langage, ou inversement, sa maîtrise précoce, oriente la nature et les rapports verbaux des intérêts spécifiques des personnes avec SA. Les études suivantes ont examiné si les spécificités perceptuelles caractérisent toutes les personnes avec SA, ou si ces spécificités diffèrent selon que les personnes SA présentent ou non un retard de langage. Ainsi, **l'étude 2** a comparé les spécificités visuelles dans l'autisme sans retard de langage (ASRL) à celles observées dans l'autisme avec retard de langage (ARL). Trois tâches issues de l'étude de Caron et al. (2006) ont été utilisées. A travers ces tâches (1- tâches de correspondances visuelles, 2- de recherches visuelles et 3- de mémoire visuelle à long terme), nous avons exploré la détection (exactitude et temps de réponses) des éléments locaux et globaux chez les sujets. **L'étude 3** a

cherché à déterminer si les spécificités perceptuelles au niveau auditivo-verbal, caractérisent toutes les personnes avec SA, ou seulement celles avec/sans retard de langage. Comme les connaissances catégoriques phonémiques sont façonnées par l'expérience et les capacités linguistiques, nous avons en outre distingué les participants SA avec (ARL) ou sans antécédent de retard de langage (ASRL) ; le groupe contrôle était composé d'individus typiques appariés à l'âge, l'intelligence non verbale et les capacités de lecture. Nous avons également contrôlé l'influence des capacités de rétention à court terme auditives et verbales en administrant des tâches de répétitions de listes de mots et de non-mots. Concernant cette tâche de perceptions catégorielles, nous avons évalué les capacités de discrimination d'abord pour des paires de syllabes se distinguant par des variations acoustiques intra-catégorielles et inter-catégorielles, selon un continuum / d / - / t / et dans une deuxième tâche de discrimination, les stimuli variaient non seulement selon un continuum (/b/-/d/), mais également selon leur ressemblance à des stimuli langagiers naturels ou non. **L'étude 4** s'est intéressée aux spécificités perceptuelles auditivo-verbales non plus chez des adultes avec SA mais auprès d'une population d'enfants avec SA âgées de 6 à 12 ans, avec versus sans antécédent de retard de langage.

L'introduction théorique de ce travail s'articule autour de quatre chapitres. Dans un premier temps, nous définissons le Spectre Autistique (SA). Ensuite, nous abordons les spécificités perceptuelles, visuelles, auditives et auditivo-verbales dans le SA. Nous continuons en développant les intérêts spécifiques. Enfin, nous distinguons l'autisme avec et sans retard de langage. Nous terminons cette partie théorique par les objectifs et hypothèses. Les quatre études réalisées au cours de la thèse sont ensuite développées dans la partie expérimentale de ce travail.





*Introduction*  
*théorique*



# Chapitre 1

## 1 . Spectre Autistique (SA)

---

Dans ce premier chapitre, nous définissons le Spectre Autistique (SA). Nous abordons brièvement les aspects génétiques et cérébraux de cette condition. Les caractéristiques cognitives telles que la perception, l'attention, le langage, les fonctions exécutives, la mémoire, l'intelligence, la théorie de l'esprit et les comportements répétitifs vont également être présentées.

### 1.1 Définition et étiologies

#### 1.1.1 L'autisme : définition, classification et diagnostic

Le Spectre Autistique (SA) se définit dans le DSM 5 par la présence de deux catégories de comportements atypiques : déficits persistants de la communication et des interactions sociales (par exemples, déficits de la réciprocité sociale ou émotionnelle : anomalies de l'approche sociale et d'une incapacité à la conversation bidirectionnelle normale ; déficits des comportements de communication non verbaux utilisés au cours des interactions sociales : anomalies du contact visuel et du langage du corps ; déficits du développement, du maintien et de la compréhension des relations : difficulté à ajuster le comportement à des contextes sociaux variés) et la présence de comportements et/ou d'intérêts restreints ou répétitifs. Cela

nécessite la présence d'au moins deux des comportements et/ou intérêts restreints ou répétitifs suivants : 1) des mouvements ou une utilisation d'objets 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), 4) une hyper ou hypo sensibilité à des stimulations sensorielles, ou 5) un intérêt anormal pour les aspects sensoriels de l'environnement (APA, 2013). Les personnes avec SA peuvent présenter un développement atypique du langage caractérisé par un retard dans l'acquisition des mots/phrases et une fréquence élevée de particularités verbales telles que l'écholalie et l'utilisation de phrases stéréotypées. On retrouve l'autisme dans la catégorie des Troubles Envahissants du Développement (TED) selon la nomenclature du DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994) ou du « Trouble du Spectre Autistique » (TSA) selon la nomenclature du DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013). Le DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013) (voir annexe) a fusionné les sous-groupes cliniques en un spectre autistique et rend compte des particularités développementales en incluant au diagnostic des « spécificateurs ». Ainsi, il faut spécifier si le diagnostic de SA s'accompagne ou non d'une déficience intellectuelle, d'un déficit du langage, d'une comorbidité médicale, psychiatrique ou neurogénétique. Il est à noter également que plus les déficits de la communication sociale et des modes comportementaux restreints et répétitifs sont sévères, davantage devront être les aides à procurer aux personnes avec SA. Le nouveau système de catégorisation diagnostique inclut la qualification du niveau de « sévérité » des atteintes comportementales. Les symptômes de l'autisme peuvent coexister avec d'autres conditions psychiatriques et médicales, y compris le handicap intellectuel, l'épilepsie, les difficultés de contrôle moteur, le trouble de l'hyperactivité avec déficit de l'attention, les tics, l'anxiété, les troubles du sommeil et les problèmes gastro-intestinaux (Gillberg, 2010 ; Moreno - De - Luca et al., 2013).

Il est à noter que l'ensemble des signes cliniques ne se retrouve pas chez tous les individus SA avec la même intensité ou avec le même niveau d'impact fonctionnel. Dans environ 22 % des cas, il y aurait également un historique de régression développementale avant l'âge de trois ans qui se caractérise principalement par une perte des habiletés verbales (Meilleur & Fombonne, 2009).

Ajoutons que la prévalence générale des SA diverge d'une étude à l'autre. Une étude menée aux États-Unis par le « Center for Disease Control and Prevention » (CDC, 2014), indique une prévalence de 1.47 %. Une étude épidémiologique réalisée par la commission scolaire anglophone de Montréal en 2010 rapporte, quant à elle, une prévalence un peu plus faible, soit une prévalence de 0.79 % pour les SA et une prévalence de 0.25 % pour l'autisme selon les critères diagnostiques du DSM-IV (Lazoff et al., 2010).

Le diagnostic consiste en une évaluation multidimensionnelle des différents aspects du développement et du fonctionnement de l'enfant et sur son environnement, dans divers contextes. Il implique donc :

- 1) Des observations directes et indirectes recueillies auprès des proches de la personne, en particulier ses parents, mais aussi auprès des professionnels tels que les enseignants, les puéricultrices, etc.
- 2) Des tests standardisés appropriés à l'âge de la personne, à son profil de développement (par exemple : langage, habiletés motrices, etc.), à son comportement et au contexte de passation tout en privilégiant les tests et échelles validés : l'Autism Diagnostic Interview-revised (ADI-r, Lord et al., 1994) et l'Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS, Lord et al., 1989). L'ADI-r est un entretien semi-structuré conduit avec un parent de la personne. En 93 questions, cet outil permet d'évaluer le fonctionnement et la conduite de la personne au moment présent et sur la période d'âge entre 4 et 5 ans. Cet outil permet d'évaluer des anomalies dans le domaine de la communication, des interactions sociales et du comportement. Si les scores dépassent le score seuil dans chacun des trois

domaines, le diagnostic d'autisme peut être posé. Il est à noter que le moment d'apparition du langage est documenté par les questions 9 (phrases d'un mot) et 10 (phrases de deux mots) de l'ADI-R. L'acquisition de la parole est considérée comme typique si des mots simples sont utilisés avant l'âge de 24 mois et si des phrases de deux mots sont utilisées avant l'âge de 33 mois. L'ADOS est une échelle d'observation dont le but est de placer la personne dans une situation sociale où elle devra interagir, permettant ainsi de coter certains comportements. Quatre modules ont été développés, chacun étant destiné à un niveau de langage à un moment donné du développement. Cette évaluation permet d'établir le projet personnalisé d'interventions éducatives et thérapeutiques.

## **1.1.2 Hypothèses étiologiques et neurobiologiques**

L'origine de l'autisme n'est pas encore établie avec précision actuellement. Certaines pistes génétiques et neurobiologiques semblent être prometteuses mais de nombreuses questions subsistent. Les principaux résultats de ces études sont exposés ci-dessous.

### **1.1.2.1 Génétique**

Schaefer (2016) a réalisé une méta-analyse sur les caractéristiques génétiques de la population du SA. Cette étude examinait les données sur la concordance des jumeaux. Les études ont montré une concordance estimée à 70% parmi les jumeaux monozygotes. En revanche, la concordance entre les jumeaux dizygotes était nettement moins importante (moins de 30 %, Bourgeron, 2015). Le risque d'avoir un enfant autiste est très supérieur à celui de la population générale lorsque des parents ont déjà un enfant qui présente la condition (environ 13%, Wood et al., 2015). Selon

Schaefer (2014, 2016), le SA entrerait dans la catégorie de l'héritage multifactoriel comprenant : des variabilités génétiques, un risque accru pour les proches d'être touchés, une pathophysiologie où des processus morphogénétiques compliqués sont impliqués, des influences biologiques et des facteurs environnementaux.

Cependant, dans la grande majorité des cas, les gènes impliqués sont inconnus (Gaugler et al., 2014). Néanmoins, dans l'autisme syndromique pour lequel une autre condition neurogénétique a été identifiée, comme par exemple dans le syndrome du X fragile ou la micro délétion 22q11, les anomalies génétiques sont connues, mais sans que leur rôle spécifique dans l'apparition des symptômes autistiques ne soit connu. A ce propos, lors de l'utilisation de l'échelle d'observation l'ADOS (Lord et al., 1989), 50 à 60% des sujets masculins atteints du syndrome du X fragile reçoivent un diagnostic de TSA (Kaufmann et al. 2017 ; Klusek, Martin et Losh, 2014). Selon Rosenberg et al. (2009), seuls 10% des cas de SA peuvent être directement attribuables à une condition médicale sous-jacente et l'autisme idiopathique est probablement causé par une combinaison de facteurs génétiques et environnementaux.

### **1.1.2.2 Structure et fonctionnement cérébral**

Les études en neuroimagerie par résonance magnétique (IRM) ont fourni de nombreuses informations sur les particularités neuronales structurelles et fonctionnelles dans le SA.

Des anomalies dans la région de Broca et la région de Wernicke ont été associées aux difficultés langagières dans le SA (Redcay & Courchesne, 2008). Des anomalies dans les régions fronto- temporales et le noyau amygdalien seraient liées à des anomalies du traitement socio-émotionnel (Rojas et al., 2006 ; Boddaert et al., 2004). Finalement, des particularités au niveau du cortex orbitofrontal et du noyau caudé

(c'est-à-dire, le système frontostriatal) pourraient être à l'origine des comportements répétitifs et stéréotypés (McAlonan et al., 2002).

Concernant les caractéristiques cérébrales fonctionnelles et la connectivité fonctionnelle, une des hypothèses formulées est que les anomalies structurelles locales vont empêcher la connectivité entre régions qui en général donne lieu à des réseaux fonctionnels efficaces (Ecker et al., 2013). De nombreuses études ont montré une activation réduite du noyau amygdalien lors de tâches liées aux traitements des émotions et de la cognition sociale (Ashwin et al., 2007 ; Martineau et al., 2010). D'autres études ont présenté une activité moindre dans les circuits frontostriataux en réponse à des tâches de contrôle cognitif. (Dichter, 2012 ; Dichter & Belger, 2012 ; Di Martino et al., 2014).

En ce qui concerne plus directement la connectivité fonctionnelle, King et al. (2018) ont observé, auprès de 52 hommes avec SA comparés à 38 personnes contrôles, une augmentation de la connectivité cérébrale fonctionnelle avec une corrélation entre cette augmentation et celle des symptômes autistiques.

Cependant, une importante controverse demeure concernant la nature des troubles de la connectivité dans l'autisme avec d'autres études observant une sous-connectivité (Abrams et al., 2013), ou indiquant à la fois des situations de sous-connectivité et de sur-connectivité en fonction des différentes régions du cerveau (Noonan et al., 2009). Ces différences de résultats pourraient s'expliquer par des différences au niveau de la sévérité du SA des personnes incluses dans les études, des traitements spatiaux et statistiques des cartes cérébrales (Müller et al., 2011), ou encore par l'âge de la population étudiée (Uddin, 2013).



## 1.2 Caractéristiques cognitives de l'autisme

Dans cette section, nous décrivons le tableau cognitif de l'autisme en termes de perception, d'attention, de langage, de fonctions exécutives, d'efficacité intellectuelle, de théorie de l'esprit et de comportements répétitifs. Les caractéristiques présentées par les personnes avec SA, y compris l'hétérogénéité de ces caractéristiques, ont permis de faire émerger certains modèles du traitement cognitif dans le SA que nous aborderons dans une seconde partie.

### 1.2.1 Perception

La perception désigne l'évènement cognitif dans lequel un stimulus ou un objet, est représenté par un individu dans son activité psychologique interne. Tardif (2010) précise que la perception est à l'origine de toute activité cognitive. Le corps est équipé de récepteurs sensoriels, spécifiques à chaque organe des sens. Ces capteurs reçoivent une information brute issue de l'environnement ou provenant de l'intérieur du corps. C'est dans le cortex que s'effectue l'étape de perception. L'information sensorielle est alors traitée, identifiée et reconnue. (Laranjeira & Perrin, 2013).

Les personnes avec autisme sont souvent considérées comme présentant un traitement atypique des stimuli sensoriels de l'environnement (voir Chapitre 2 pour une revue de littérature approfondie). Comme nous l'avons vu, les troubles sensoriels font partie du diagnostic de l'autisme (DSM-5). Une méta-analyse rapporte un pic de fréquence des troubles de la modulation sensorielle dans l'autisme autour de 6 à 9 ans, suivi d'une diminution progressive par la suite (Ben-

Sasson et al., 2008). Les troubles sensoriels persistent et causent des difficultés au quotidien à l'âge adulte (Billstedt et al., 2007 ; Crane et al., 2009).

Les troubles de la modulation sensorielle peuvent prendre trois formes différentes (Hazen et al., 2014) : - **une hyper-réactivité** : l'individu exprime une détresse ou une réponse négative exagérée face à une entrée sensorielle qui conduit fréquemment à l'évitement et à une hypervigilance. Par exemple, un enfant peut être particulièrement sensible à certaines sensations tactiles en lien avec le toucher de certaines matières. Cette sensibilité peut conduire l'enfant à devenir extrêmement contrarié ou anxieux lorsqu'il entre en contact avec ces textures ; - **une hypo-réactivité** : l'individu semble ignorer et peut être lent à répondre à une stimulation qui doit normalement entraîner une réponse. Par exemple, certains enfants s'avèrent peu sensibles à la douleur telle une fracture d'un membre ; - **une recherche de stimulation sensorielle** : l'individu présente une préoccupation inhabituelle pour certaines expériences sensorielles. Par exemple, un enfant peut à plusieurs reprises se focaliser sur un lampadaire éclairé. Nous allons passer en revue ici les particularités perceptives autres que celles liées à la perception visuelle et auditive qui feront l'objet d'un chapitre spécifique (Chapitre 2).

Il est important de distinguer l'attention portée aux stimuli non sociaux de l'attention portée aux personnes et aux activités humaines (attention pour les visages et l'attention conjointe, notamment). A ce propos, certains auteurs suggèrent un déficit d'attention vers des cibles sociales (Ruffman et al., 2001). Mottron (2006) pose la question de savoir si ce déficit de l'attention sociale est le résultat d'une difficulté à percevoir les dimensions psychophysiques (mouvements) ou d'un manque d'expérience lié à l'absence d'intérêt émotionnel pour cette information sociale.

La perception peut également être envisagée sous l'angle de représentations motrices. A ce propos, Blake and Shiffrar (2007) indiquent que la perception du mouvement biologique (gestes d'un individu en mouvement) des personnes transmet des informations qui permettent d'identifier les états affectifs et les intentions d'autrui. Ces données ont été étudiées par le biais d'études comportementales, de suivi oculaire, d'électroencéphalographie et d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (Krasimirova et al., 2019). Ainsi, cette analyse est une composante importante de la perception sociale.

De nombreuses études ont utilisé l'oculométrie pour examiner les caractéristiques d'analyses perceptives des personnes avec SA face à des stimuli sociaux, telles que des scènes visuelles complexes statiques, des visages expressifs ou non et des scènes visuelles dans des situations d'interactions (Klin et al., 2002a ; Falck-Ytter et al., 2008 ; Chita-Tegmark, 2016). Concernant la perception des visages et des émotions, les différences observées chez les personnes avec autisme en matière d'identification sont minimales, mais pourraient exister en mémoire des visages (Jemel et al., 2006). Les atypies du regard et du temps passé par un enfant avec autisme d'âge préscolaire à regarder des visages sont avérées, mais une fois l'âge adulte atteint, cette atypie qualitative est difficile à mettre en évidence. En effet, plusieurs études révèlent une perception accentuée ou supérieure des détails, mais ces effets sont contestés par les méta-analyses (Weigelt et al., 2012). Concernant la perception des émotions, elle est en fait, adéquate ou presque adéquate en autisme (Uljarevic & Hamilton, 2013). Les particularités d'orientation du regard vers des aspects non sociaux plutôt que sociaux et vers l'ensemble du visage plutôt que les yeux semblent plus connues (Frazier et al., 2017).

### 1.2.2 Attention

L'attention est la capacité à se concentrer sur des objets de l'environnement en sélectionnant et en négligeant certains aspects. Burack et al. (1997) ont distingué divers composants de l'attention, dont l'attention soutenue (maintien de l'attention vers une cible durant une durée prolongée) et la recherche attentionnelle (déplacement rapide de l'attention pour la détection de cibles dont le modèle est présent en mémoire de travail).

Concernant l'aspect de la recherche attentionnelle, les performances dans le SA sont parfois qualifiées de supérieures (O'Riordan et al., 2001 ; Remington et al., 2009), parfois comparables (Goldstein et al., 2001) par rapport à différents groupes contrôles. Toutefois, comme l'a souligné Courchesne et al. (2014), les capacités attentionnelles dépendent de l'objet d'intérêt des personnes avec SA. En effet, ces derniers peuvent rester attentifs un temps considérable sur des activités liées à leurs intérêts restreints (et montrer une moindre attention sur des sujets sans intérêt telle que l'information sociale). Nous pourrions faire ici, un parallèle avec l'attention conjointe où l'attention de l'enfant avec SA est davantage portée sur l'objet que sur le partage d'information. En effet, un aspect important de l'attention portée aux stimuli sociaux concerne l'attention conjointe qui est définie par Stahl et al. (2003) comme la capacité de l'individu à partager un événement avec l'autre, à attirer son attention vers une personne, un objet dans le but d'obtenir un regard conjoint, avec conscience du partage de l'information. Elle est considérée par certains auteurs comme un signe de prise en compte du mental d'autrui et de soi-même. Un dysfonctionnement de l'attention conjointe semble être caractéristique de l'autisme. La combinaison de signaux qui permettraient l'attention conjointe (regarder l'objet, puis la personne, puis alterner entre les deux pour manifester l'intérêt d'un objet) ne semble pas vraiment acquise chez les jeunes enfants avec SA (Roger, 2008).

Les résultats sont parfois sujets à controverse, et sont parfois le reflet de la compétition des objets d'intérêts perceptifs qui attirent davantage l'attention que les stimuli sociaux (Fischer et al., 2016).

Finalement, notons que les personnes avec un autisme sans retard de langage pourraient souffrir d'un déficit attentionnel spécifique non observé dans l'autisme avec retard langagier. Ce déficit semble caractérisé par une impulsivité, des erreurs de commissions et d'omissions retrouvées notamment dans une tâche d'attention soutenue telle que la répétition d'un empan de chiffres (Motttron, 2004). Soulignons également le fait que certaines personnes avec SA reçoivent également un diagnostic de trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H).

### **1.2.3 Fonctions exécutives**

Les fonctions exécutives permettent de se fixer des objectifs, ensuite de planifier, d'initier, d'exécuter et de superviser un ensemble d'actions pour atteindre ces objectifs. Elles permettent une adaptation à des imprévus et de changer nos stratégies en cours d'action. Ces fonctions permettent d'éviter des distractions, d'inhiber des automatismes, d'élaborer de nouvelles stratégies avec flexibilité et de s'adapter à la tâche en cours.

Selon la littérature scientifique, les difficultés liées aux fonctions exécutives seraient fréquentes chez les personnes avec SA. Cependant, deux méta-analyses (Demetriou et al., 2018 ; Lai et al., 2017) ont démontré qu'il existe une grande variabilité dans le profil de forces et faiblesses des fonctions exécutives chez les personnes avec SA. Ainsi, lorsqu'on regarde les résultats d'un groupe avec SA, les fonctions fragilisées peuvent différer d'une personne à l'autre (p.ex. un enfant avec

SA peut avoir des difficultés marquées pour le contrôle de l'inhibition et non au niveau de la flexibilité cognitive alors qu'un autre enfant peut présenter le profil inverse). Lai et al. (2017) indiquent que le choix de l'instrument de mesure est un élément clé. Les personnes avec SA auraient de meilleures performances lorsque la tâche administrée ne repose pas sur le langage. Le fonctionnement intellectuel général et le niveau de langage sont également à prendre en considération dans l'évaluation de ces fonctions exécutives. Par exemple, les différences relevées aux épreuves formelles entre un groupe avec SA et un groupe neurotypique tendent à s'atténuer lorsque les groupes étudiés ont sensiblement le même niveau intellectuel, et lorsque le niveau intellectuel des groupes est élevé et que les participants sont plus âgés. En effet, l'âge est un aspect important à considérer puisque le développement des fonctions exécutives en autisme semble suivre une trajectoire différente. En raison d'une meilleure utilisation de stratégies compensatoires (agenda, mémos... pour remédier à un défaut de planification par exemple), les difficultés au niveau des fonctions exécutives s'atténuent à l'âge adulte chez les personnes avec SA. Enfin, l'anxiété, souvent présente chez les personnes avec SA, peut avoir un impact significatif sur la performance à ce type de tâches. Certaines personnes avec SA présentent également un trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H). Puisque le TDA/H affecte les fonctions exécutives, il peut être difficile de déterminer si les difficultés sont associées à l'autisme ou au TDA/H. Par exemple, l'impulsivité que l'on retrouve dans le TDA/H, peut mener à des difficultés d'autorégulation ou vice-versa. Par ailleurs, Lai et al. (2017) ont observé qu'un groupe avec SA sans TDA/H présenteraient moins de déficits au plan de l'inhibition et de la planification que ceux qui présentaient un TDA/H associé, tandis que les difficultés en mémoire de travail, flexibilité et générativité étaient comparables entre personnes SA avec et sans TDA/H associé.

### 1.2.4 Langage

En étudiant la question du langage dans le SA, la littérature évoque régulièrement les troubles du langage chez les enfants SA. Toutefois, il convient de préciser si ces aspects langagiers se réfèrent à un trouble ou à un retard de langage. De fait, le trouble développemental du langage (dysphasie) concerne les déficits langagiers au niveau réceptif et/ou expressif, c'est-à-dire des difficultés à comprendre et / ou à formuler un langage. Le retard de langage peut quant à lui, se résorber et être récupéré sans trouble du langage spécifique. Ce retard est présent chez des enfants avec SA d'âge préscolaire. Wodka, Mathy, & Kalb, (2013) indiquent que 30% d'enfants avec SA n'acquièrent pas un langage fonctionnel après l'âge de 8 ans (par exemple, ils ne peuvent exprimer leurs besoins de manière verbale).

Plusieurs études sur les compétences linguistiques chez les jeunes enfants avec SA ont signalé des troubles plus sévères au niveau réceptif que productif (Charman et al., 2003 ; Hudry et al., 2010), mais d'autres ont trouvé un profil inverse (Kover et al., 2013). Une méta-analyse a conclu que le langage réceptif et expressif peuvent être altérés de manière égale (Kwok et al., 2015).

D'autres études ont examiné la relation entre le niveau de quotient intellectuel chez des enfants avec SA et le langage expressif et réceptif. Par exemple, Kjellmer et al. (2012) ont trouvé une compréhension des phrases altérée dans des échantillons d'enfants avec SA sans déficit intellectuel. En revanche, Åsberg (2010) a constaté que les enfants d'âge scolaire avec SA sans déficit d'intelligence obtenaient des résultats similaires au groupe contrôle concernant la compréhension des mots et des phrases, mais présentaient une compréhension du discours narratif altérée.

Dans le domaine de la sémantique, Kjellmer et al. (2012) ont constaté un retard de développement du niveau du vocabulaire chez de nombreux enfants d'âges préscolaires avec SA, y compris les enfants sans déficience intellectuelle, par rapport aux enfants du même âge sans SA. En revanche, Eigsti et al. (2012) ont rapporté plusieurs études montrant que les enfants avec SA peuvent être aussi performants dans des tests de vocabulaire que les enfants contrôles appariés à l'âge mental. Ces auteurs ont en outre passé en revue des études examinant d'autres types de tâches sémantiques. Ces études ont montré que les enfants avec SA sont très performants pour les tâches de catégorisation de mots mais qu'ils ont des difficultés avec certains aspects de la compréhension sémantique, telle que la compréhension des verbes d'état mental.

Concernant les compétences grammaticales chez les enfants avec SA, des difficultés ont également été mises en évidence (Tager-Flusberg, 2001). Une étude menée par Ellis et al. (2011) rapporte une association significative entre la taille du vocabulaire et la complexité grammaticale (combinaison de plusieurs mots) auprès de jeunes enfants avec SA (22 à 37 mois) et retard langagier mais également avec de jeunes enfants d'âges similaires avec retard de langage sans SA. Les parents ont répondu à la question de savoir si leurs enfants pouvaient combiner des mots d'une même catégorie sémantique (fatigué/dormir). Selon ces auteurs, les deux groupes ont présentés des profils équivalents. En d'autres termes, la combinaison de mots était identique en ayant la même quantité de vocabulaire. Cela signifie que les jeunes enfants avec SA (22 à 37 mois) doivent acquérir un minimum de connaissance du vocabulaire pour que la connaissance grammaticale puisse commencer à se construire.

Pickett et al. (2009) ont mené une revue de la littérature afin d'examiner l'âge d'apparition du langage auprès d'enfants avec SA. La majorité des enfants identifiés



ont commencé à parler entre l'âge de 5 et 7 ans, et la plupart n'ont produit que des mots uniques et 30% ont atteint le discours par phrases.

Une autre caractéristique langagière des personnes avec SA est la répétition des mots ou des phrases exprimées par d'autres, nommée « écholalie ». L'écholalie immédiate consiste en une répétition systématique de mots ou de phrases venant d'être entendus, tandis que l'écholalie différée consiste en la répétition de mots, de phrases ou de bruits entendus au préalable. Ces écholalies seraient un acte de communication de la part des enfants avec un SA (Bizet et al., 2018), ou un mécanisme de réassurance (Comblain, 2017). Nous retrouvons également d'autres caractéristiques telles que les néologismes, les thèmes répétés, les inversions pronominales et une voix monotone.

Il est en général considéré que l'acquisition du langage dans la prime enfance se ferait sous une forme d'exposition à celui-ci par le biais des interactions sociales ou de manière plus passive (exposition aux régularités statistiques du système langagier par écoute passive). Un retard de langage chez les enfants avec SA est souvent attribué dans la littérature, aux difficultés de l'interaction et de la communication sociale. Cependant, un article de Kissine et al. (2019) remet en question cette hypothèse. Les auteurs se sont intéressés à cette question chez des enfants avec SA tunisiens. L'Arabe en Tunisie existe sous deux formes. La première concerne la forme dialectale : la forme parlée par l'ensemble de la population et qui correspond au dialecte parlé dans l'environnement social de l'enfant. La seconde se réfère à la forme formelle : utilisée à l'écrit ou réservée à l'oral aux événements formels, académiques ou religieux. L'Arabe formel est parlé à la télévision dans certains dessins animés, ce qui représente la principale, voire la seule source potentielle d'exposition à l'Arabe formel qu'un enfant puisse avoir en Tunisie. Après avoir fait l'analyse extensive du discours utilisé lors de conversations informelles d'une durée variant entre 10 à 20 minutes, de 5 enfants avec SA tunisiens, âgés entre 5 et 10 ans,

Kissine et al. montrent que l'Arabe formel compose jusqu'à 56% du discours de ces enfants, alors qu'il est à peu près inexistant chez les enfants sans SA du même âge. Plusieurs de leurs phrases utilisent également un langage « mixte », c'est-à-dire que les deux formes d'Arabe s'entrecroisent tant sur le plan de la grammaire que du lexique, au sein d'une même phrase. Les résultats de cette étude montrent que des enfants avec SA ont appris une langue, l'Arabe formel, alors que celle-ci n'est pas parlée dans leur environnement social. Cette découverte rejoint l'observation que la majorité des enfants avec SA finissent par développer le langage oral, malgré des difficultés persistantes dans la sphère de l'interaction sociale. Les auteurs postulent que cette capacité atypique pourrait indiquer que les enfants avec SA apprennent à parler de manière différente des enfants sans SA. En effet, les auteurs émettent l'hypothèse que lors de l'acquisition du langage, les enfants avec SA se concentrent davantage sur la structure statistique du langage (sons, ordre des mots, répétitions de certains patrons, etc.) plutôt que sur son aspect communicatif. Cette étude met en évidence le fait que les enfants avec SA puissent apprendre une langue, peu importe qu'elle provienne d'une vidéo ou de l'environnement social. L'étude de Kissine et al. (2019) suggère ainsi qu'il pourrait être avantageux pour certains enfants avec SA de favoriser l'utilisation de matériel d'apprentissage vidéo, plutôt que des interventions directes, pour le développement du langage.

### 1.2.5 Mémoire

La mémoire peut être définie comme la capacité à enregistrer, conserver et rappeler des informations liées à nos expériences personnelles, ou à des connaissances acquises. Il existe différents « types » de mémoire (Gardiner, 2008). Nous évoquons ici, les composants mnésiques qui ont fait l'objet d'études dans le SA tels que : la **mémoire de travail** (mémoire à court terme dont l'objet est de stocker et de manipuler temporairement des informations afin de réaliser une tâche

particulière, tel un raisonnement) et la **mémoire à long terme** (rétention d'information sur de longues périodes). La mémoire à long terme comprend différents sous-systèmes, à savoir : la mémoire sémantique qui se réfère à une mémoire des connaissances générales du monde, connaissances externes et non vécues personnellement (p. ex., connaissance sur le degré d'ébullition de l'eau), la mémoire épisodique, renvoyant à la mémoire d'événements vécus personnellement et permettant d'anticiper les événements futurs (par ex. se souvenir d'avoir bu un thé dans un salon japonais) et la mémoire procédurale (connaissance stockée qui ne peut s'exprimer que par l'action, comme rouler à vélo...).

Dans une méta-analyse de 2010, Marcaggi indique que plusieurs études ont mis en évidence des performances intactes de mémoire sémantique et des performances altérées de mémoire épisodique dans le SA. Notamment, l'équipe de Bowler et al. (2000) a observé chez des adultes Asperger (sans retard de langage) des performances de reconnaissance identiques par rapport au groupe contrôle avec toutefois, des différences significatives concernant l'état de conscience associé à cette reconnaissance : une diminution (modérée) des réponses de type « R » (*Remember* : rappel d'éléments contextuels) associée à une augmentation (modérée) des réponses de type « K » (*Know* : connaissances sur le monde). Cette étude postule que ces personnes s'appuient plus sur un sentiment de familiarité, donc leur conscience noétique (leur mémoire sémantique) que sur leur conscience auto noétique (leur mémoire épisodique). Cette utilisation accrue de la mémoire sémantique pourrait être liée à un dysfonctionnement de la mémoire épisodique. Bowler et al. (2000) ont mené une autre étude qui concernait le phénomène de « fausse reconnaissance », celui-ci consistait en la présentation, lors de la phase d'encodage, de mots appartenant à la même catégorie sémantique (par exemple « lit », « rêve », « couette », « sommeil »). Lors de la phase de rappel, des mots appartenant au même champ sémantique mais n'ayant pas été présentés en phase d'encodage peuvent être « faussement » reconnus (par exemple le mot « dormir »).

Bowler et son équipe retrouvent moins de réponses de type « *Remember* » et plus de réponses de type « *Know* ». De plus, les personnes Asperger semblent davantage sensibles au phénomène de fausse reconnaissance, impliquant à la fois la mémoire épisodique et un phénomène de contamination sémantique comme dans le groupe de témoins. Crane and Goddard (2008) obtiennent des résultats similaires où les personnes atteintes de SA sans déficience intellectuelle démontrent une mémoire sémantique intacte mais présentent des altérations importantes de la mémoire épisodique. Boucher (2007) justifierait ces déficits observés dans la mémoire épisodique dans le SA par la présence de difficultés exécutives pour accéder stratégiquement aux informations. En d'autres termes, les difficultés à récupérer les informations stockées dans la mémoire épisodique pourrait affecter la capacité des personnes atteintes de SA à reconstruire des événements passés. De telles difficultés peuvent également expliquer les déficits de générativité dans le SA. Le terme « générativité » fait référence à la capacité de générer spontanément des idées et des comportements nouveaux (Turner, 1999).

Par ailleurs, Crane et al. (2009) ; Goddard et al. (2007) ont indiqué que les troubles de la mémoire épisodique renvoient à la difficulté dans le SA à utiliser l'auto-implication pour faciliter leur mémoire. Cela conduit à des déficits à se souvenir d'événements qui ont été vécus personnellement (Hare et al., 2007). En effet, contrairement aux personnes contrôles qui se souviennent mieux des événements vécus personnellement plutôt que par un autre, il a été démontré que les enfants avec SA se souviennent davantage de situations observées chez leurs pairs que de celles vécues par eux (Lind & Bowler 2009b ; Williams & Happé, 2009).

Boucher and Bowler (2008) précisent que les capacités mnésiques dans le SA dépendent des capacités verbales, du matériel et du niveau d'intelligence et qu'il est préférable d'évaluer indépendamment les habiletés verbales/non-verbales et sociales/non-sociales.

La mémoire de travail joue un rôle important dans le soutien de diverses activités cognitives complexes de haut niveau telles que la compréhension du langage et l'apprentissage à long terme (Gathercole & Baddeley, 2014). Joseph et al. (2005) ont testé l'hypothèse selon laquelle les enfants avec SA sont déficients dans l'utilisation de stratégies de médiation verbale pour augmenter la capacité de mémoire de travail. Deux conditions ont été administrées dans cette étude : 1- Une condition d'encodage verbal dans laquelle les stimuli à retenir étaient des images d'objets concrets et nommables (voiture, livre...); 2- Dans la condition non verbale, les stimuli étaient des concepts abstraits qui n'étaient pas facilement nommés ou codés verbalement (objet circulaire, labyrinthe...). Les enfants ont entendu l'examineur prononcer une séquence de mots (bras, bateau, brosse, chaise, robe, couteau, souris, anneau, arbre). Après chaque séquence, les participants ont immédiatement reçu une grille de 3 × 3 contenant neuf dessins aux traits correspondant à l'ensemble de neuf mots, et ont été invités à toucher les images dans le même ordre que les mots ont été prononcés. Les auteurs ont constaté que les enfants avec SA n'ont pas montré d'amélioration des performances lorsque les stimuli pouvaient être codés verbalement (conditions 1) et répétés en mémoire de travail. Le groupe avec SA a mis en évidence une association significative entre la capacité de mémoire visuelle et la performance non verbale (condition 2), ce qui suggère que les enfants avec SA utilisent moins les stratégies de médiation verbale pour maintenir les informations liées aux objectifs en mémoire de travail.

Cependant, Bowler et al. (1997 ; 2008 ; 2009), Bennetto et al. (1996) indiquent que les capacités de mémorisation seront efficaces si la tâche de rappel contient un indice plutôt qu'en rappel libre, sans indice. Selon ces auteurs, si aucun support ne permet d'aider la personne avec SA, ses performances seront diminuées par rapport à une personne au développement typique (comme dans une tâche de rappel libre par exemple). Au contraire, lorsque la tâche comprend un support au

travail mnésique (comme dans une tâche de rappel indicé ou de reconnaissance : un mot est donné à la personne et on lui demande si ce mot était repris dans la liste préalablement présentée), les performances d'une personne avec SA sont égales à celles d'une personne au développement typique. Après la phase de récupération des informations mnésiques précédemment énoncée, l'équipe de Bowler (2009) a tenté de déterminer si leur modèle pouvait également s'appliquer dès la phase d'encodage en observant la façon dont des adultes avec le syndrome d'Asperger apprenaient des listes de mots, certaines de ces listes comprenant des mots classés par catégorie sémantique alors que d'autres listes comprenaient des mots non classés. Selon les résultats de cette étude, leurs performances mnésiques s'améliorent lorsque ces regroupements sont explicitement présentés lors de l'encodage. Ainsi, les personnes avec SA semblent capables d'intégrer les informations sémantiques et en tirent bénéfice mais tendent à ne pas les utiliser spontanément, au détriment de leurs performances.

L'équipe de Minshew (2001 ; 2005) a étudié les capacités mnésiques d'adultes autistes de haut niveau et Asperger. Les résultats ont indiqué des capacités diminuées pour des stimuli complexes comme des stimuli sociaux (des visages). Les données étaient identiques chez des enfants autistes de haut niveau. Des difficultés ont été constatées dans des tâches de mémorisation de phrases et d'histoires, non retrouvées chez l'adulte (liées probablement à un retard d'acquisition d'une « grammaire narrative »). Ces données ne sont pas interprétées en termes de troubles de cognition sociale mais en termes de traitement de bas niveau : ce n'est pas nécessairement parce qu'il s'agit d'informations « sociales » que les personnes avec SA présentent des difficultés mais parce qu'il s'agit plutôt d'informations « complexes », comme l'expression faciale par exemple, dont l'interprétation fait appel à l'intégration d'une multitude d'informations perceptives.

Par ailleurs, les processus dits « *top-down* » sont également à considérer. Ces processus « *top-down* » sont des processus de haut niveau (top) qui ont un effet sur les traitements des informations de bas niveau (down). Les processus de bas niveau concernent les caractéristiques du stimulus perçues. Ils sont la base de l'identification perceptive et ne dépendent pas des attentes de la personne. Loth et al. (2010) considèrent qu'une diminution de modulation *top-down* pourrait expliquer certains symptômes (comme les difficultés de décodage des situations sociales, certains comportements restreints). Ces défaillances de modulation *top-down* pourraient également participer au phénomène « savant » dans lequel la personne excelle dans un domaine particulier : le contrôle attentionnel moindre permet un accès privilégié à des données perceptives brutes, de bas niveau, avant que celles-ci soient intégrées dans un « tout » global (d'où les capacités graphiques ou musicales extraordinaires de certaines personnes avec SA). Ces auteurs ont mis en évidence un effet d'amorçage (présentation préalable d'un stimulus pour influencer le traitement d'un autre stimulus) comparable entre personnes avec SA et témoins en ce qui concerne les images d'objets mais un effet d'amorçage diminué concernant les visages chez les personnes avec SA. Le résultat de cette étude souligne le fait que les différences de modulation *top-down* et donc les capacités d'amorçage ne peuvent être réduites à un hypo- ou hyperfonctionnement global car cela dépend du stimulus présenté (objet/visage).

### **1.2.6 Efficience intellectuelle**

Concernant l'efficience intellectuelle, les personnes avec SA présentent souvent une dissociation entre le QI verbal et le QI performance dans les tests d'intelligence de Wechsler. Certaines études montrent un pic d'habileté au sous-test des cubes (voir Figure 1 A) (Dawson et al., 2007 ; Caron et al., 2006) et d'autres, présentent la dissociation inverse avec un QI verbal plus élevé que le QI performance (Caron et al.,

2006 ; Shah & Frith, 1983, 1993 ; Siegel et al., 1996) (voir Figure 1 B) (Bartak et al., 1975 ; Dawson et al., 2007 ; Morsanyi & Holyoak, 2010). Une étude de Dawson et al. (2007) a évalué un groupe d'enfants et d'adultes avec SA à l'aide du test d'intelligence fluide le plus souvent utilisé dans la littérature, les Matrices Progressives de Raven (MPR - Raven, 1998). Les auteurs observent chez les personnes avec SA une différence de 30 points (en percentile) entre leur rendement à l'échelle de Wechsler et celui aux MPR, au profit du dernier. Pour certaines personnes avec SA, la différence de rendement entre les deux tests pouvait même atteindre 70 points en percentile, toujours au profit des MPR. Il est à noter que ce type d'écart n'était pas observé dans le groupe contrôle. Les auteurs concluent que les instruments de mesure d'intelligence normés sur une population non-autiste pourraient mener à une estimation inexacte du potentiel intellectuel des personnes avec SA (Meilleur et al., 2014). En d'autres termes, si le QI de Wechsler était utilisé auprès des personnes avec SA et avec retard de langage, les résultats pourraient être moins élevés et mener à un diagnostic de déficience intellectuelle alors qu'en utilisant le test de Raven, des performances bien meilleures pourraient être constatées.

Concernant le test de figures emboîtées qui consistent à retrouver une forme géométrique simple dans une forme complexe (voir Figure 1 C), les enfants avec SA peuvent également avoir de meilleurs résultats que les enfants du groupe contrôle, appariés à l'âge, en termes de bonnes réponses et des temps de réactions plus rapides (Grinter et al., 2010 ; Jarrold et al., 2005).



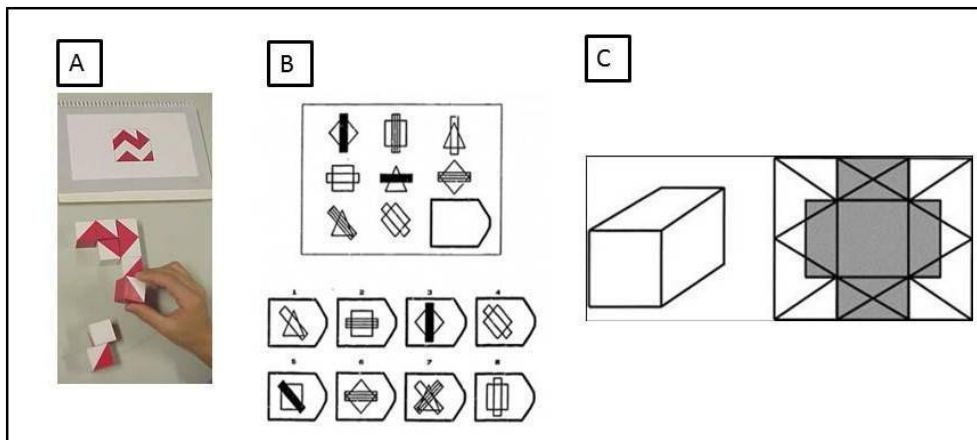


Figure 1. Exemple d'items pour A) le sous test des cubes du Wechsler, B) Test des matrices Progressives de Raven, C) Test des figures emboîtées. (Bouvet, 2012)

### 1.2.7 Théorie de l'Esprit

Précédemment, nous évoquons la question de l'attention conjointe et pour la rendre possible, l'enfant doit regarder un même objet avec son parent et avec le même intérêt mutuel. L'attention conjointe est un précurseur à la Théorie de l'Esprit qui se définit comme la capacité à inférer les pensées, sentiments, intentions et croyances d'autrui, de les expliquer afin de prédire et anticiper ses comportements et s'y adapter (Premack & Woodruff, 1978). Les personnes avec SA feraient moins d'analogies sur les états mentaux d'autrui (Senju et al., 2009) et comme cité précédemment, ils présenteraient des difficultés à comprendre les situations sociales complexes. En guise d'explication, Von Hofsten and Rosander (2012) précisent que comme les interactions sociales et la communication sont basées sur le mouvement (planification des séquences, imitation,...), une altération du contrôle et de la conscience de l'action pourrait constituer un important facteur limitant les interactions sociales, car distinguer les conséquences de ses actions de celles des actions des autres, synchroniser son action avec une autre personne ou reproduire des séquences de mouvements par observation sont des impératifs dans les

interactions. Lafleur et al. (2016) font référence au terme de l'agentivité qui est la capacité d'identifier que l'on est la cause d'une action ou d'une pensée (Gallagher, 2000) et de distinguer les conséquences des actions causées par soi de celles causées par les actions des autres (Balconi, 2010a). Les auteurs étudient le rôle possible du sens de l'agentivité comme lien entre les altérations de la motricité et de l'interaction sociale dans le SA. Ils concluent que les mécanismes sensorimoteurs sont altérés et que la formation des modèles internes de l'action s'appuie excessivement sur l'information proprioceptive (sensibilité permettant d'avoir conscience de la position et des mouvements de chaque segment du corps par rapport aux autres) aux dépens de l'information visuelle. Il pourrait y avoir un lien de causalité entre cette altération du sens de l'agentivité et divers indicateurs du fonctionnement social et notamment la Théorie de l'Esprit.

La Théorie de l'Esprit est également liée à la pragmatique du langage (Frank et al., 2014). Les aspects pragmatiques impliquent de « faire appel à nos connaissances générales du monde, d'intégrer les énoncés individuels au contexte et de faire des inférences basées sur nos connaissances préalables de la situation » (Ferstl et al., 2008). Les difficultés d'interprétations contextuelles présentées dans le SA mettraient donc en péril la Théorie de l'Esprit.

### **1.2.8 Comportements répétitifs**

A partir de 12 mois, les enfants évoluant vers un SA peuvent déjà présenter des intérêts ou comportements particuliers. Ceux-ci portent essentiellement sur des objets, par exemple rotatoires, des formes comme les lettres, ou d'autres stimulations perceptives ; ainsi, ils vont regarder attentivement et de façon prolongée un objet. Cette nouvelle orientation vers les objets peut être qualifiée de comportements répétitifs et intérêts restreints (Mottron, 2016).

La littérature évoque 2 types de comportements répétitifs : Les comportements répétitifs qui sont qualifiés "d'ordre inférieur" et qui concernent les mouvements tels que les battements de mains pour les émotions joyeuses ou négatives (automutilation), les manipulations d'objets ou le balancement du corps, les trajets d'aller et retour ou la persévération (taper sur un objet à répétition) et les vocalisations telles que les grognements ou la répétition de certaines phrases. A ce propos, Mottron (2016) indique que ces comportements répétitifs ont pour effet d'apaiser les enfants avec SA car ils réduisent les stimulations. Le second type se réfère aux comportements répétitifs "d'ordre supérieur" qui se caractérisent par les routines et les rituels, l'insistance sur la similitude et les intérêts particuliers (Deweerd, 2020). Mottron (2016) ajoute une troisième classe à ces comportements répétitifs, celle représentée par une attraction pour le traitement d'informations complexes tels que du matériel écrit ou une exploration visuelle atypique (inspections visuelles prolongées d'objets statiques ou dynamiques, avec ou sans regard latéral qui est l'inspection visuelle dans un angle particulier). Plusieurs hypothèses sont présentées par les scientifiques relatives à la fonction et au bénéfice de ces comportements répétitifs : calmer l'anxiété, prise de conscience du corps, aides à la concentration et à la gestion d'émotions envahissantes.

Jacques et al. (2018) ont évalué les comportements répétitifs et les explorations d'objets chez de jeunes enfants avec SA et typiques du même âge. Leurs résultats indiquent que, par rapport aux enfants typiques, les enfants avec SA présentent une augmentation des comportements répétitifs en durée et en fréquence : battements de la main (autiste = 45,1% ; typique = 4,7%) et mouvements des bras (autiste = 33% ; typique = 4,6%). La proportion d'enfants avec SA présentant le comportement en regardant de près les objets était légèrement supérieure à la proportion d'enfants typiques (autistes = 73% ; typique = 41,9%). Cependant, les auteurs n'ont pas trouvé de différences significatives entre les groupes dans les explorations d'objets, en

fréquence, durée, variété (nombre d'objets différents explorés) ou en complexité (types d'objets explorés). Toutefois, une combinaison de plus grande proportion, fréquence et durée a été trouvée pour un objet dans le groupe SA : livres (proportion d'enfants qui ont exploré les livres : SA = 33% vs typique = 12 %). Finalement, ils n'ont pas trouvé de corrélations négatives entre les comportements répétitifs et les explorations d'objets. Leurs résultats ne corroborent pas avec les hypothèses selon lesquelles les comportements répétitifs réduisent, limitent ou interfèrent avec l'exploration d'objets chez les jeunes enfants avec SA.

## Résumé

Les caractéristiques cognitives de l'autisme peuvent prendre des formes diverses au sein d'une population avec SA. En effet, les perceptions dans le SA peuvent être ressenties comme étant intenses ou à l'inverse sans grand effet au niveau des sens. A ce propos, certains comportements répétitifs ont pour objectif un rééquilibrage sensoriel face à l'afflux des stimuli de façon à être apaisé. Il peut être difficile de se désengager de l'objet d'attention, ou d'alterner son attention de manière fluide entre différents objets. Il existerait une grande variabilité dans le profil de forces et faiblesses des fonctions exécutives chez les personnes avec SA. Concernant les capacités mnésiques, plusieurs études ont mis en évidence des performances intactes en mémoire sémantique et des performances altérées en mémoire épisodique. Par ailleurs, les adultes autistes de haut niveau et Asperger peuvent présenter des capacités diminuées pour des stimuli complexes tels que des stimuli sociaux (des visages). Une méta-analyse a conclu que les capacités de langage réceptif et expressif peuvent être altérées de manière égale.

Ces composantes cognitives dépendent de chaque individu et font l'objet d'études dont les résultats peuvent prendre des directions différentes en fonction de la mesure utilisée. Pour certains auteurs, une même caractéristique peut être un avantage mais pour d'autres, un inconvénient.

Après un survol général des caractéristiques cognitives de l'autisme, nous allons maintenant nous concentrer sur les particularités de la perception visuelle et auditive ainsi que sur les intérêts spécifiques qui sont les aspects les plus caractéristiques de l'autisme.



## Chapitre 2

# 2 . Spécificités perceptuelles et intérêts spécifiques dans le SA

---

Dans ce chapitre, nous présentons d'abord les concepts et les théories du fonctionnement perceptuel général avant de décrire plus en profondeur les particularités qui sont observées à ce niveau dans le SA. Nous allons ensuite examiner la nature des « intérêts spécifiques » dans le SA.

### 2.1 Spécificités perceptuelles visuelles

Nous aborderons d'abord brièvement les concepts théoriques principaux de la perception visuelle tels que le principe théorique de la forme et les concepts de traitement global et local car ceux-ci ont été particulièrement étudiés dans le cadre du SA.

#### 2.1.1 Théorie de la Forme

La psychologie de la forme ou gestaltisme est une théorie psychologique, selon laquelle les processus de la perception et de la représentation mentale traitent spontanément les phénomènes comme des formes globales, structurées ou non, plutôt que comme l'addition ou la juxtaposition d'éléments simples. Cette capacité a été particulièrement étudiée dans les années 1920 par la psychologie de la forme, ou psychologie de la Gestalt (Köhler, 1929 ; Wertheimer, 1989b). Selon ce courant de pensée, la notion d'organisation reflète le fait que, « l'expérience visuelle est

intrinsèquement structurée par la nature du stimulus lorsque ce dernier est en interaction avec le système nerveux visuel » (Palmer, 1999). Cette définition indique que l'organisation perceptive est dépendante non seulement de la nature du stimulus mais aussi de notre façon de percevoir (Spillmann & Dresch, 1995). (Voir Figure 1).

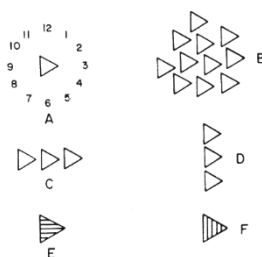


Figure 1. « Le triangle dans la figure 1 A peut être vu comme pointant soit vers 3, 7, ou 11 heures et peut parfois être perçu comme pointant tour à tour dans l'une des trois directions. La figure 1 B montre que des triangles équilatéraux assemblés de manière inorganisée (random) pointent tous ensemble dans la même direction en même temps et qu'ils changent tous de direction en même temps. Dans la figure 1 C, lorsque plusieurs triangles sont alignés le long de leur axe de symétrie, la perception est fortement biaisée par le fait de les voir pointant dans une direction qui coïncide avec la ligne de configuration. Lorsqu'ils sont alignés le long d'un de leurs côtés (figure 1 D), ils sont vus comme pointant dans une direction perpendiculaire à leur ligne de configuration (Palmer & Bucher 1981). Dans une série d'expériences ultérieures, Palmer et Bucher (1982) ont montré que l'on peut produire des effets de biais qualitativement similaires en plaçant des rayures de texture à l'intérieur d'un triangle unique (figures 1 E et 1 F). Les rayures parallèles à un axe de symétrie biaisent la perception dans la direction de l'axe alors que les rayures parallèles à un côté biaisent la perception dans la direction perpendiculaire à l'axe de symétrie.

### 2.1.2 Traitement global et local visuel

Une façon d'appréhender une scène visuelle complexe est de s'intéresser aux détails de la scène ou son organisation spatiale par le biais d'une approche globale. Pour



illustrer cette approche, Navon (1977) a utilisé des formes hiérarchisées, c'est-à-dire une forme globale définie par l'arrangement spatial d'éléments locaux, dont l'identification de chacun des niveaux s'effectue de manière indépendante. Les éléments locaux et la forme globale peuvent être congruents ou non congruents (i.e., un grand S composé de petits « s » ou de petits « h », voir Figure 3). Les résultats de Navon indiquent que les participants sont plus rapides pour identifier la forme globale que les éléments locaux et qu'ils sont gênés pour identifier la forme globale quand les éléments locaux sont non congruents.

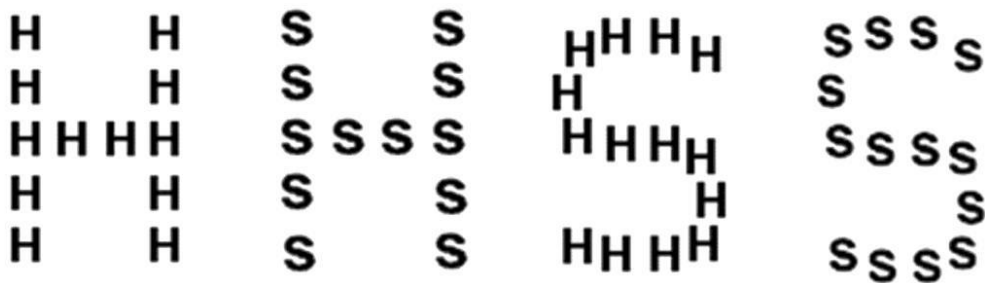


Figure 3. Exemple de lettres hiérarchisées utilisées par Navon (1977).

Poirel et al. (2008) en comparant les résultats d'enfants de 4 groupes d'âges différents (4, 5, 6 et 9 ans), observent une transition de la préférence locale à la préférence globale à 6 ans. Les auteurs interprètent ces résultats comme un changement de stratégie visuo-spatiale. Il semble que les enfants jusqu'à environ 8-10 ans ont un traitement plus local que les adultes (Harrison & Stiles, 2009).

## **2.1.3 Spécificités du traitement perceptif visuel dans le SA**

### **2.1.3.1 Modèles du fonctionnement perceptif**

En 1989, Frith a décrit le profil perceptif et cognitif de l'autisme comme étant un déficit de la cohérence centrale (Weak Central Coherence) comme nous allons le détailler ci-dessous. Par la suite, les travaux de Mottron and Burack, (2001) ; Mottron et al. (2006) ont postulé un surfonctionnement du traitement perceptif (Enhanced Perceptual Functioning).

### **2.1.3.2 La faiblesse de cohérence centrale**

La théorie de la faiblesse de cohérence centrale (Weak Central Coherence Theory : WCC) de Frith (1989) tire son nom de la tendance observée dans la population typique à traiter l'information de façon globale, parfois aux dépens de l'information locale. Selon Frith, les personnes avec SA ne percevraient pas la cohérence entre les différents éléments d'une forme, ce qui les amènerait à se focaliser sur les éléments individuels au détriment de la forme générale avec un mode de traitement plus analytique que global.

Manjaly et al., en 2007 définissent la cohérence centrale comme l'habileté à intégrer des informations séparées en un tout cohérent. En effet, la tendance générale, c'est-à-dire non spécifique à un domaine, serait de favoriser le processus de traitement des propriétés globales des stimuli (Manjaly et al., 2007). Les personnes autistes auraient une capacité moindre à traiter le contexte global. Pour Manjaly et al. (2007), le déficit de cohérence centrale peut être avantageux dans des tâches perceptives nécessitant le traitement local de stimuli complexes, comme dans les figures enchevêtrées ou les figures emboîtées (Shah & Frith, 1983) ou au sous-test des cubes (Shah & Frith, 1993). Selon cette théorie, l'aspect décontextualisé des

intérêts spécifiques ainsi que leur mémorisation « par cœur », s'expliqueraient probablement par le fait que les personnes avec SA, seraient davantage focalisées sur des fragments isolés de leurs connaissances plutôt que sur des connaissances plus intégrées (Klin et al., 2007). Dans l'étude d'Happé en 2005, les chercheurs tentent de vérifier si les personnes avec SA ont plus de difficultés à traiter les informations présentées de façon globale (versus les informations présentées de façon locale), contrairement aux individus typiques. Les résultats de cette étude confirment un déficit de traitement de la perception holistique chez les personnes avec SA. Ces études confirment donc un traitement supérieur de l'information locale dans l'autisme.

Pourtant, de nombreux résultats indiquent que les personnes avec SA sont aussi capables de traiter les informations à un niveau global (Mottron et al., 1999) ou de décoder des illusions perceptives (Ropar & Mitchell, 1999, 2001). Suite aux résultats divergents d'autres études, Happé and Frith (2006) ont été amenées à revoir les fondements de leur théorie. Elles proposent alors que l'accent soit plutôt mis sur un traitement local supérieur qu'un déficit global dans l'autisme. Les personnes avec SA seraient donc capables de traiter l'information globale lorsque la tâche le demanderait explicitement mais possèderaient un biais de traitement envers l'information locale par défaut.

### **2.1.3.3 Une supériorité perceptive : le modèle EPF**

La théorie du surfonctionnement du traitement perceptif (Enhanced Perceptual Functioning : EPF ; Mottron & Burack, 2001 ; Mottron et al., 2006) a aussi été présentée pour expliquer le profil cognitif particulier des personnes avec SA. Ces auteurs indiquent une supériorité du traitement local chez les personnes avec SA, mais plutôt qu'une difficulté à intégrer les éléments en un tout cohérent, la cause

serait beaucoup plus perceptive (Mottron & Belleville, 1993). Ils ont repris l'exemple d'un adulte avec SA « savant » pour étayer leur postulat : E.C. dessine en 3D des objets inanimés. A travers une série de tâches visant à explorer sa capacité à percevoir et à reproduire des figures parfois impossibles, les auteurs concluent que ce biais envers le traitement local dans l'autisme est dû à un déficit de hiérarchisation. De fait, la « précedence globale » dans sa façon de traiter et reproduire les formes visuelles ne semble pas avoir été considérée : il ne commence pas par la forme générale pour reproduire un dessin. Néanmoins, l'observation d'un effet de précedence globale dans des études de groupes de personnes avec SA (Mottron et al., 1999 ; Ozonoff et al., 1994) n'allant pas dans le sens de cette hypothèse ; l'idée d'un traitement perceptif supérieur a alors été proposée par Mottron et al. (2006). Les auteurs postulent que cette supériorité perceptive soit à l'origine de la supériorité du traitement local et contrairement à la conception d'Happé (1999), ce style cognitif serait le reflet d'une organisation cérébrale distincte. Ainsi, ils proposent que si les personnes avec SA ont une perception par défaut plus locale que celle de la population typique, elles peuvent aussi traiter l'information globale lorsque la tâche le demande. C'est ce qu'a démontré l'étude de Caron et al. (2006) avec une tâche visuo-spatiale, reprenant le principe du test des cubes du Wechsler. Dans cette étude, les auteurs proposent tout d'abord une version modifiée des cubes du Wechsler dans laquelle ils manipulent la cohérence perceptive et le nombre de cubes (voir Figure 4 A). Ils observent que lorsque la cohérence perceptive est forte (i.e., quand l'information globale est en conflit avec l'information locale) et que l'image est non segmentée, les personnes avec SA réussissent mieux la tâche que le groupe contrôle. De plus, pour tester la construction de la représentation globale, processus supposé déficitaire dans l'autisme selon la théorie WCC, ces auteurs ont manipulé la capacité à extraire la forme globale des cubes (voir Figure 4 B). Ils observent que lorsque l'utilisation d'une stratégie globale est avantageuse pour réussir la tâche, les personnes avec SA et avec un pic d'habileté au bloc réussissent mieux la tâche que les personnes contrôles.

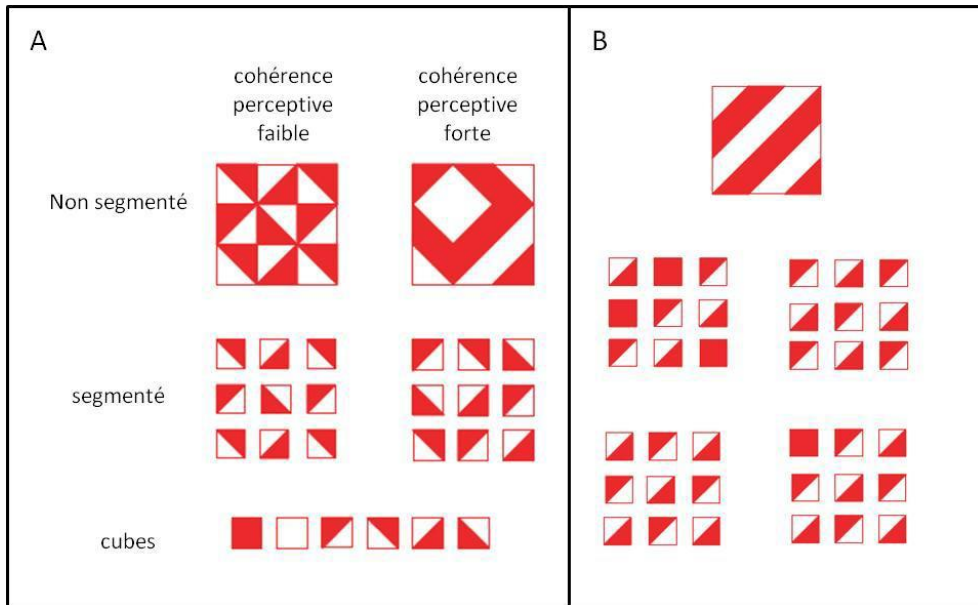


Figure 4. Stimuli utilisés dans la tâche de Caron et al. (2006). A) Stimuli manipulant la force de cohérence perceptive, présentés soit de façon segmentée soit non segmentée. La tâche est de reproduire le dessin avec les six cubes. B) Stimuli utilisés pour tester la construction de la représentation globale. La tâche est de déterminer le plus rapidement possible laquelle des quatre figures segmentées correspond à la figure non segmentée (Caron et al., 2006).

Dans une autre étude sur 18 enfants avec SA et contrôles appariés sur les performances aux matrices de Raven, les résultats montrent que les deux groupes utiliseraient des stratégies différentes pour réaliser la tâche des figures emboîtées (Jarrod et al., 2005). Ainsi, les performances des enfants avec SA sur cette tâche sont corrélées à celles d'une tâche de recherche visuelle. Cette corrélation n'est vraie que lorsque la tâche requiert de retrouver une cible sur la base de caractéristiques visuelles simples mais pas sur la base de conjonction de ces caractéristiques. Mottron et al. (2006) postulent que si les personnes avec SA sont moins sensibles à l'information globale, c'est que la construction de leurs percepts est moins dépendante des processus « *top-down* » (traitement d'un stimulus perçu fondé sur les connaissances et expériences passées). La perception est le résultat de processus

dits ascendants ou « *bottom-up* » qui sont dirigés par les caractéristiques perceptives de l'objet et les processus dits descendants ou « *top-down* » qui sont dirigés par la connaissance que l'on a de l'objet. Un moyen d'observer l'impact de ces deux processus sur la perception est d'explorer la formation des catégories perceptives. En effet, la catégorisation s'opère quand nous arrivons à établir une différence qualitative entre des stimuli perceptifs (par exemple à partir de quel moment nous distinguons la syllabe /ba/ de la syllabe /da/). Certains auteurs ont montré, à partir d'un continuum d'ellipses, que les personnes avec SA catégorisent de la même façon que les personnes typiques, mais elles ne montrent pas de facilitation de discrimination à la frontière catégorielle (Soulières et al., 2007). De fait, lorsque nous catégorisons deux objets comme différents, il est plus facile de discriminer les objets entre les catégories qu'à l'intérieur d'une catégorie. La catégorisation des personnes avec SA est donc moins influencée par les processus descendants que chez les personnes typiques.

Les personnes avec SA ont ainsi les mêmes représentations catégorielles que les personnes typiques mais la construction de ces catégories se ferait de façon atypique (Soulières et al., 2011). Il est donc possible que le percept final des personnes avec SA soit essentiellement le produit de processus ascendants avec une moindre influence des processus descendants. D'autres études ont également souligné la moins grande implication des processus descendants dans l'autisme (Gomot & Wicker, 2012 ; Loth et al., 2008 ; Loth et al., 2011, 2010 ; Mitchell et al., 2010). En conclusion à leur modèle, Mottron et al. (2006) ont retenu 8 principes énoncés ci-après.

**LES 8 PRINCIPES DU MODÈLE EPF (Mottron et al., 2006)**

1. La perception des personnes avec SA est, par défaut, davantage orientée vers les éléments locaux (les détails) que celle des personnes sans SA. Par exemple, les personnes SA sont meilleures pour copier une image impossible puisqu'elles peuvent mieux se concentrer sur les aspects locaux de la forme sans être distraites par l'image globale.
2. Plus une tâche perceptuelle est complexe, moins on observe une supériorité des personnes avec SA. Ainsi, la perception du mouvement (qui est plus complexe à décoder pour le cerveau) n'est pas supérieure chez les personnes avec SA.
3. Certains comportements atypiques permettraient aux personnes avec SA de filtrer l'information obtenue par les organes des sens. Par exemple, les regards latéraux diminuent la quantité de détails visualisés et améliorent la perception du mouvement.
4. Les aires du cerveau sont activées différemment chez les personnes avec SA pendant des tâches sociales et non sociales par rapport aux personnes sans SA. Par exemple, les personnes avec SA activent davantage les aires visuelles et perceptives et moins le cortex frontal que les personnes sans SA même s'ils ont un niveau de performance similaire.
5. L'influence des attentes, des connaissances antérieures, du raisonnement conscient (ce qui est appelé les processus « *top-down* ») serait obligatoire chez les personnes sans SA, alors qu'elle ne le serait pas toujours chez les personnes avec SA. Par exemple, les illusions d'optique tromperont le processus d'intégration de la plupart des gens (processus « *top-down* »). Or, dans une expérience, les personnes avec SA étaient aussi sensibles aux illusions d'optique que les personnes sans SA quand on leur demandait si une ligne PARAISSAIT plus longue qu'une autre (ce qui était une illusion), alors qu'ils étaient capables de donner la bonne réponse quand on leur demandait quelle ligne ÉTAIT la plus longue, contrairement aux personnes sans SA. Ceci illustre que les personnes avec SA peuvent, dans certaines conditions,

faire fi des processus « *top-down* », ce qui est souvent impossible pour les personnes sans SA.

6. Une grande expertise en perception est à la base des habiletés spéciales retrouvées dans le syndrome du savant. L'apparition d'une habileté spéciale chez une personne avec SA proviendrait d'une préférence pour certains types de stimuli perceptuels, comme les chiffres, les lettres ou les sons, stimuli qui généralement intéressent beaucoup moins les personnes sans SA. Stephen Wiltshire, un artiste avec SA, est un exemple d'individu doté d'une expertise exceptionnelle dans au moins un domaine. Il a dessiné plusieurs grandes villes (Rome, Londres, New York, Tokyo...) de mémoire avec une incroyable précision après un seul tour d'hélicoptère de moins d'une heure dans chaque ville !

7. Le syndrome du savant pourrait aider à classer le SA en plusieurs sous-groupes. Ainsi, les domaines d'intérêt des personnes avec SA résulteraient d'un « choix » d'un type de stimulus perceptuel (sons, lettres, chiffres, etc.) qui les amènerait à développer une spécialisation dans le domaine choisi. Malheureusement, cette spécialisation pourrait se faire au détriment d'autres domaines qui seraient alors négligés par manque d'intérêt et peu entraînés. Par exemple, certaines personnes avec SA (les Asperger) adoptent très précocement le langage comme domaine d'expertise, mais ne démontrent pas d'habiletés particulièrement dans les tâches visuospatiales, contrairement à d'autres personnes avec SA qui, elles, présentent une force en visuospatial et des difficultés pour le langage.

8. Le fonctionnement augmenté de régions du cerveau spécialisées dans la perception expliquerait les sept énoncés précédents. Les régions cérébrales associées au traitement visuel (i.e. détection, manipulation, identification visuelle) dans le lobe occipital et le lobe temporal sont plus activées chez les personnes avec SA tandis que les régions frontales, sous-tendant les fonctions de préparation motrice, de contrôle cognitif, de prise de décision, etc., sont plus activées chez les personnes sans SA (Samson et al., 2012).



En conclusion de ce modèle perceptif, Mottron et al. (2006b) indiquent que le fonctionnement autistique n'est pas une faiblesse ou un biais (contrairement au modèle de la cohérence centrale), mais un surfonctionnement perceptif caractérisé par une hiérarchisation particulière des niveaux de traitement des informations sensorielles. Autrement dit, la perception comprend la détection de traits, de détails sensoriels et la reconnaissance de formes (Gestalt). Elle implique principalement le traitement de l'information dit montant ou bottom-up (expérience sensorielle directe) appelé aussi traitement local et celui dit descendant ou top-down (dirigé par les concepts) nommé aussi traitement global sur les informations sensorielles.

#### **2.1.3.4 Traitements Local/Global ?**

Cela étant, par l'utilisation de la tâche d'identification classique de type Navon (1977), certaines études démontrent un avantage du traitement global chez les adultes et les enfants avec SA (Mottron et al., 2003) et d'autres observent un avantage du traitement local (Behrmann et al., 2006). Par ailleurs, les résultats de plusieurs études indiquent un phénomène d'interférence atypique du traitement local sur le traitement global (Behrmann, et al., 2006 ; Rinehart et al., 2000 uniquement pour le groupe autiste), alors que d'autres observent un effet d'interférence classique chez les personnes avec SA (Mottron et al., 2003 ; Mottron et al., 1999 ; Ozonoff et al., 1994). Ces résultats divergents pourraient s'expliquer par des aspects attentionnels. En effet, lorsque les participants ne sont pas informés du niveau d'apparition de la cible (global ou local), l'avantage du traitement global n'est pas retrouvé chez les enfants avec SA (Plaisted, 1999, Expérience 2). Dans l'étude de Scherf et al. (2008), il est demandé à 15 enfants, 15 adolescents et 9 adultes avec SA et 39 contrôles, d'identifier soit la forme globale soit la forme locale de stimuli

présentée au centre de l'écran. Les auteurs observent que plus les participants sont âgés, plus ils montrent un avantage du traitement global, hormis pour le groupe SA.

Schwarzkopf et al. (2014) précisent que les personnes avec SA sont surtout caractérisées par une extraction exceptionnelle de dimensions physiques de faible niveau visuel (le bas niveau se réfère aux premiers stades du traitement de l'information à l'entrée dans le système perceptif). L'étude de Meilleur et al. (2014) a montré que les performances perceptuelles visuelles de l'autisme dépendent de la variable d'appariement et que certains pics de capacité disparaissent lorsque les groupes correspondent à des mesures de QI qui ne sous-estiment pas l'intelligence (Raven).

Concernant les perceptions visuelles d'objets en mouvement, Goldberg et al. (2008) ont montré les difficultés majeures rencontrées dans le SA pour la poursuite d'une cible dynamique, expliquées en partie par l'utilisation de la vision périphérique. Un exemple repris par Berthoz (2015) est celui du fait de rattraper une balle qui requiert une précision au contact main-balle de l'ordre du centimètre et de la milliseconde et un modèle très précis de la balle (masse, forme, coefficients aérodynamiques). Selon cet exemple, l'interception est du domaine de l'ajustement très précis d'une réaction, tandis que la capture nécessite la prédiction. Ainsi, la personne avec SA se trouve dans un système d'ajustement et donc de réaction immédiate d'une action en cours plutôt que de prédiction. Giuliani and El korh (2016) postulent l'idée d'un ajustement par un mécanisme compensatoire à propos du déficit dans les poursuites dynamiques. Ce mécanisme d'ajustement se réfère à la vision périphérique dans le SA.

La recherche d'immuabilité est prégnante dans le SA. Lors de la perception visuelle d'un nouvel environnement, l'exploration visuelle répétée le rend familier par la suite. Cette transition de la nouveauté à la familiarité implique que l'on intègre et mémorise un certain nombre d'informations. Chez le SA, l'établissement de la

familiarité est plus difficile car tout semble apparaître comme nouveau. Deux hypothèses explicatives à cette difficulté sont énoncées, à savoir : la première serait déterminée par l'hypersensibilité sensorielle, par exemple, la taille, la luminosité, ou un mouvement soudain et imprévisible (O'Keefe & Nadel, 1978) ; la seconde serait que la personne avec SA reste dans un processus réactif mettant en jeu un feed-back perceptif continu et que cette nouveauté apparaîtrait tel un contraste constitué par la détection de non-familiarité (Bertholet et al., 2015). En d'autres termes, la personne avec SA n'intégrerait pas le flux dynamique continu mais décomposerait les informations de manière locale et statique et utiliserait des stratégies réactives compensatoires de discrimination (Jacobs & Schenk, 2003).

Dans une tâche d'apprentissage de contextes visuels implicite, Kourkoulou et al. (2012), ont observé que les personnes avec SA utilisent une stratégie locale dans la tâche, par laquelle ils apprennent des détails perceptifs locaux plutôt que la configuration globale. Guy et al. (2019) indiquent qu'en général, les trajectoires globales et locales sont similaires entre le SA et les contrôles depuis l'enfance jusqu'à l'adolescence. La similitude des performances suggère que les enfants de 6 ans avec SA sont tout à fait capables de traiter des informations globales et locales (Bernardino et al., 2012 ; Koldewyn et al., 2013). Cette constatation est cohérente avec les propositions actuelles selon lesquelles la perception visuo-spatiale du SA ne se caractérise pas simplement par des supériorités locales ou des déficits globaux (D'Souza et al., 2015). Toutefois, les supériorités perceptuelles dans le SA sont de plus en plus remises en question. Cependant, il faut rester prudent car comme le souligne Rodgaard et al., 2019, les changements dans la définition de l'autisme (pouvant accroître l'hétérogénéité), pourraient avoir une incidence sur les résultats de la recherche sur l'autisme. En d'autres termes, un élargissement de la population avec SA pourrait entraîner une diminution de l'ampleur de l'effet des études comparatives de groupe.

### 2.1.3.5 Approches Bayésiennes

Plus récemment, le fonctionnement perceptif dans le SA a été étudié à la lumière d'approches Bayésiennes. Selon l'approche Bayésienne, les connaissances antérieures sont représentées sous la forme de probabilités a priori et l'être humain met à jour ces probabilités en fonction des nouvelles informations qu'il reçoit, selon qu'elles confirment ou infirment les hypothèses a priori. Pellicano and Burr (2012) proposent que les connaissances a priori des personnes avec SA seraient moins fortes que celles des personnes neurotypiques, ce qui voudrait dire qu'ils accorderaient moins de poids que les neurotypiques à leurs expériences passées. Ces interprétations Bayésiennes vont à l'encontre d'une vision linéaire des processus cognitifs commençant par le sensoriel, puis continuant avec les fonctions exécutives ou de haut niveau et finissant avec un comportement. En effet, il semble y avoir une importante interdépendance des processus qui sont généralement étudiés de manière isolée, tels que la perception et l'action. Ces approches visent à déterminer comment nos connaissances précédentes influencent et orientent le traitement des événements en cours et mettent particulièrement en avant les mécanismes *top-down* (Bar, 2009). Les personnes avec SA devraient avoir de moins bonnes performances dans des tâches où les connaissances a priori permettent de résoudre l'ambiguïté ou l'incertitude. En effet, une étude présentant des objets avec leurs représentations de zones sombres (ombres) fidèles aux objets ou déformées, a montré que les ombres portées (qu'elles soient congruentes ou incongruentes) gênaient la reconnaissance des objets chez les enfants avec SA (Becchio et al., 2010) alors que les enfants au développement typique utilisaient l'information apportée par l'ombre pour améliorer la reconnaissance des objets (Mamassian et al., 1998). Les résultats de cette étude confirment l'idée que les personnes SA utilisent moins les informations a priori pour interpréter les ombres de manière appropriée.

Sapey-Triomphe (2017) a mené une recherche sur les théories bayésiennes du SA et a postulé que le SA pourrait être caractérisé par un déséquilibre des a priori par rapport aux entrées sensorielles. Les a priori aideraient à déduire les causes et la signification des stimuli, mais influenceraient également notre perception. La perception se baserait sur les informations sensorielles et des a priori (attentes en tenant compte des expériences du passé). Dans le contexte du cerveau bayésien, le cerveau évalue la probabilité d'une hypothèse pour être vraie étant donné l'entrée sensorielle entrante, basée sur les croyances antérieures et les sensations. Le cerveau intégrerait implicitement les régularités de son environnement et en ferait des prédictions pour agir sur cet environnement par exemple.

Pellicano and Burr (2012) suggèrent que faire face à des imprévus et une surcharge sensorielle pourraient être à l'origine d'a priori moins efficaces et que ces biais pourraient mener à des erreurs de prédiction. Par ailleurs, Ropar and Mitchell (2002) précisent que les personnes avec SA sont moins influencées par des connaissances antérieures pour juger des formes dans un contexte où les indices de perspective ont été supprimés. Sapey-Triomphe (2017) propose que les rituels et la nécessité d'exercer un contrôle pourraient être considérés comme des moyens de minimiser les erreurs de prédiction.

Comme nous l'avons souligné précédemment, les personnes avec SA gèrent difficilement les changements inattendus de l'environnement ; cela pourrait donc provenir de mécanismes de prédiction atypiques, en particulier dans les contextes incertains. La recherche d'immuabilité constituerait une tentative de rendre la vie aussi prévisible que possible en limitant les possibilités d'incertitude, rendant ainsi l'environnement plus sécurisant.

En conclusion, les perceptions visuelles locales et globales font l'objet de multiples études et les résultats divergents laissent les questions ouvertes sur le sujet des supériorités. Les approches Bayésiennes permettent d'affiner notre

compréhension des processus perceptifs visuels dans le SA en étudiant l'influence des connaissances a priori, dépendantes des expériences passées, sur les capacités perceptuelles et leurs spécificités dans le SA.

## **2.2 Spécificités auditives dans le SA**

Tout comme pour la perception visuelle, des spécificités ont été décrites au niveau de la perception auditive. Nous évoquons le terme de spécificité car selon les sensibilités des personnes avec SA, les stimulations auditives peuvent être perçues de manière intense (hypersensibilité auditive) ou ne pas être perçues du tout. Antoine Ouellette décrit bien cette hypersensibilité dans son livre « Musique autiste » : « Mais lorsque je vais à un dîner informel avec des amis ou des collègues, je me sens beaucoup moins à l'aise (...) Au bout d'un moment, j'ai de plus en plus de difficulté à converser... mon malaise tient surtout aux mots et aux sons qui s'entrechoquent dans mes oreilles et ma pensée. C'est encore pire s'il y a de la musique de fond. » (Ouellette, 2011, p. 13-14). Hugo Horiot, dans « L'empereur, c'est moi », évoque une hyposensibilité auditive : « A la maison, il y a un tracteur...ça vibre, ça fait du bruit, un bruit si régulier et permanent qu'on finit par ne plus l'entendre. » (Horiot, 2013, p.21). Nous allons d'abord brièvement décrire les caractéristiques de la perception acoustique et de la perception de la parole avant de décrire les spécificités perceptuelles auditives et linguistiques dans le SA.

### **2.2.1 La perception auditive : Les aspects acoustiques du son**

Les principales caractéristiques du son sont : la fréquence, l'amplitude, la durée et le timbre. Le mouvement ou la vibration des particules d'air sont responsables de

la production du son perçu. La fréquence d'un son (nombre de cycles par seconde) est mesurée en hertz (Hz). Enfin, le timbre est défini comme la couleur d'un son, c'est la caractéristique qui permet la distinction entre le son d'une trompette de celui d'une clarinette par exemple. La perception du timbre dépend de plusieurs dimensions perceptives comme la qualité de l'attaque du son ou bien sa brillance. Il est à noter qu'il existe des sons purs et des sons complexes. Un son pur n'a pas d'harmonique, juste une composante qui est le fondamental (ou fréquence fondamentale). Un son complexe est composé de plusieurs harmoniques, la hauteur perçue correspond à la fréquence de la composante la plus basse (la fréquence fondamentale) (Donnadieu, 2006).

La hauteur d'un son dépend de sa fréquence. Plus la vibration est rapide ou plus le nombre de cycles par seconde est élevé plus le son sera perçu comme aigu et plus la vibration est lente (ou plus le nombre de cycle par seconde est faible), plus le son sera perçu comme grave. L'amplitude de la vibration sonore est la caractéristique qui distingue un son de forte intensité d'un son de faible intensité. L'intensité se mesure en décibels (dB) où l'origine de l'échelle (0 dB) correspond au seuil d'audibilité. La zone de confort pour l'écoute d'un son en termes de décibels se situe entre 20 et 80 dB.

## **2.2.2 La perception de la parole**

Avant d'aborder le langage dans l'autisme, il convient de définir les composantes principales de l'architecture langagière. Le système linguistique est composé de diverses parties : des composants phonologiques, notamment les phonèmes (traits articulatoires et acoustiques), du lexique (vocabulaire), de sémantique (sens des mots et des phrases), de syntaxe (ordre des mots dans une phrase) et de pragmatique (sens des phrases/mots compris dans leur contexte) (Rondal, 1981a).

Au préalable à une représentation linguistique d'un signal de parole, divers niveaux de traitement sont nécessaires : le niveau acoustique où les indices acoustiques, les traits articulatoires sont traités ; le niveau phonémique où l'ensemble des traits acoustiques identifiés mènent à la reconnaissance d'une consonne ou d'une voyelle; le niveau phonologique qui correspond au traitement des phonèmes et de leurs associations; le niveau lexical où les mots sont identifiés; les niveaux syntaxique et morphologique où les différents aspects grammaticaux des mots sont identifiés pour aboutir à la compréhension du mot via l'activation des représentations sémantiques.

Il faut mettre en évidence un phénomène particulier de la perception de la parole qui est celui de la perception catégorielle et qui, comme nous allons le voir, est particulièrement utile pour étudier les particularités perceptuelles dans le SA. Hauffman and Griffith (1957) ont défini la perception catégorielle comme étant le phénomène par lequel les différences acoustiques entre variants d'une même catégorie phonémique (variants intra-catégoriels) ne sont généralement pas perceptibles (deux variants acoustiques de /ba/ par exemple), alors que des différences de même amplitude acoustique entre des sons appartenant à des catégories différentes (contrastes inter-catégoriels) sont très facilement perçus comme différentes (telle que la différence entre /ba/ et /da/). Ce type de phénomène est en général mis en évidence via des tâches de discrimination de paires minimales où les personnes présentent des capacités de discrimination très élevées pour des paires inter-catégorielles et une quasi absence de discrimination pour des paires intra-catégorielles. Une tâche de discrimination permet de déterminer si les capacités de discrimination sont essentiellement guidées par des représentations phonologiques (faible discrimination pour les paires intra-catégorielles qui ne se différencient qu'au niveau acoustique) ou si elles sont



également déterminées par des traitements plus purement acoustiques (discrimination anormalement élevée pour les paires intra-catégorielles).

Un continuum artificiel fabriqué au niveau des sons a pour objet de donner toute une gamme d'intermédiaires acoustiques entre deux sons, par exemple, entre un [ba] et un [pa]. Il s'agit d'une modulation de l'indice acoustique, le *Voice Onset Time* (VOT) (Abramson & Lisker, 1970 ; Lisker & Abramson, 1964).

Comme nous allons le voir, ce paradigme peut être particulièrement intéressant pour mieux comprendre la nature des capacités perceptuelles dans le SA.

### **2.2.3 Traitement auditif dans l'autisme**

Nous allons maintenant aborder les spécificités de la perception auditive, et ensuite de la perception de la parole dans le SA. Une supériorité perceptive auditive peut être présente chez les personnes ayant un SA (Bonnell et al., 2003, 2010 ; Jones et al., 2009 ; Gomot et al., 2008 ; O'Riordan & Passetti, 2006). Bonnell et al. (2003) ont testé la capacité à discriminer et à catégoriser les fréquences chez les personnes avec SA. Pour cela, 12 jeunes adultes avec SA et 12 contrôles ont réalisé une tâche de discrimination « pareil-différent » et une tâche de catégorisation « grave-aigu ». Les sons différents étaient augmentés de 1%, 2% ou 3% par rapport à la fréquence de départ. Dans la tâche de catégorisation, la personne devait identifier si le son entendu était grave ou aigu par rapport à un son pur d'une fréquence de 1000 Hz. Les auteurs ont observé une meilleure discrimination des sons purs chez les personnes avec SA dans les conditions 2% et 3% comparée au groupe contrôle, alors que les performances étaient équivalentes dans la condition 1% pour les deux groupes. Khalifa et al. (2004) ont exploré la sensibilité des personnes avec SA à l'intensité sonore et ont conclu à une perception supérieure des différences d'intensité des sons chez un groupe de 11 enfants avec SA ainsi qu'un seuil de

tolérance plus faible à l'intensité sonore, indiquant une hyperacousie chez ces enfants. Une autre étude a confirmé ce profil particulier puisqu'une discrimination supérieure des sons purs n'était observée que chez les personnes SA et non chez les personnes Asperger, sous-groupes que l'on distingue selon la présence ou l'absence d'un retard de langage, respectivement (Bonnell et al., 2010).

Une hypersensibilité aux sons peut se présenter comme une aversion aux stimuli auditifs et multisensoriels (Baranek et al., 2007). Il a été démontré que les enfants avec SA avaient de meilleures capacités pour distinguer l'intensité de sons sinusoïdaux simples et complexes comparativement à des enfants tout-venants (Heaton et al., 2008). Heaton et al. (2008a) ont montré que les enfants avec SA ont des capacités supérieures à celles des personnes témoins non SA pour discriminer la tonalité des sons sinusoïdaux simples et complexes. Des études ont également montré que les personnes avec SA peuvent démontrer une sensibilité exceptionnelle aux sons des langues étrangères et des contrastes phonétiques qui ne sont généralement pas perceptibles aux locuteurs non natifs de ces langues (Happé & Frith, 2006). Jones et al. (2009) ont voulu tester si ces capacités de discrimination auditive se limitent uniquement à la dimension fréquentielle. Pour cela, ils ont évalué la discrimination de sons variant non seulement sur la dimension acoustique de la fréquence mais aussi sur la durée et l'intensité chez 71 personnes avec SA et 48 personnes typiques. Sur les dimensions acoustiques étudiées, les deux groupes ont montré un seuil de détection de changement équivalent. Cependant, Jones et al. (2009) référaient une supériorité de discrimination fréquentielle pour un sous-groupe de 14 personnes avec SA. Ce sous-groupe présentait un QI supérieur à 80 et un retard de langage. Ces résultats postulaient donc un profil particulier chez les personnes avec SA qui posséderaient uniquement des compétences de discrimination fréquentielle (Jones et al., 2009).

D'autres études, cependant, n'ont montré aucun avantage pour le traitement auditif perceptif. Depape et al. (2012) ont examiné les aptitudes des adolescents avec SA dans diverses tâches perceptives avec une spécialisation moins développée pour la perception des sons de la langue maternelle. Iarocci et al. (2010) ont observé une plus grande influence de la composante auditive dans ce type de tâches. Woynaroski et al. (2013) ont observé des difficultés dans l'intégration auditive-visuelle du langage chez les enfants et les adolescents avec SA. You et al. (2017) ont observé une plus faible précision de ces représentations mise en évidence par une tâche d'identification dans laquelle les personnes devaient dire, pour un son donné, s'ils entendaient un phonème spécifique parmi un choix de deux phonèmes possibles (catégories). Ces résultats, sont contredits néanmoins par d'autres études qui ne révèlent aucun problème de perception catégorielle, que ce soit pour les consonnes ou les voyelles (Constantino et al., 2007 ; White et al., 2006).

Enfin, les études en neuroimagerie fonctionnelle semblent également indiquer des anomalies dans le traitement des stimuli auditifs, en particulier pour les sons du langage. Les études en neuroimagerie cérébrale ont montré une asymétrie anormale des aires du langage au niveau frontal et temporal. Le volume du planum temporal gauche mais non droit s'est avéré réduit chez les adultes avec SA (Rojas et al., 2002). Gervais et al. (2004) ont observé que les personnes adultes avec SA n'activaient pas le sillon temporal supérieur en réponse aux sons vocaux, alors que des activations typiques ont été observées pour les sons non verbaux. Cela étant, cette dernière étude est basée sur une petite taille d'échantillon.

### **2.2.4 Systèmes top-down et bottom-up dans la perception de la parole dans le SA**

Comme indiqué en début de section, il existe des processus descendants (*top-down*) et ascendants (*bottom-up*) qui influencent la perception de la parole. Tandis que le traitement de haut niveau (*top-down*) est un processus qui utilise des connaissances concernant la structure de l'environnement (connaissances sémantiques et phonologiques), le traitement de bas niveau (*bottom-up*) est un processus qui utilise les informations provenant des organes sensoriels et analyse l'environnement seulement sur la base de ces informations acoustiques.

Dans le SA et d'après Mottron et al. (2000), les processus de haut niveau ne seraient pas défectueux mais seraient moins impliqués que les processus de bas niveau lors de diverses tâches. Ainsi, Mottron et al. (2001) ont montré que dans une tâche de rappel de mots, les personnes avec SA favorisaient les informations de plus bas niveau tel que le traitement phonologique par rapport aux éléments de plus haut niveau tel que le traitement sémantique. D'autres études ont postulé que les individus SA semblaient présenter un traitement normal voire supérieur de la hauteur sonore de stimuli langagiers comme les voyelles (Ceponiene et al., 2003 ; Lepistö et al., 2008).

En évaluant la perception catégorielle de la parole dans l'autisme, You et al. (2017) ont observé une précision catégorielle plus faible dans cette population (évaluée par une tâche d'identification de phonèmes), mais une perception catégorielle similaire (évaluée par une tâche de discrimination) aux groupes contrôles d'enfants typiques. D'autres études ont aussi observé des niveaux similaires de perception catégorielle dans le SA, pour la consonne ou le continuum de voyelles, que ça soit dans une population d'enfants ou d'adultes (Constantino et

al., 2007 ; Stewart et al., 2018). Cependant, la majeure partie de ces études n'a pas distingué l'autisme avec ou sans retard de langage. Cette distinction pourrait être importante à faire afin d'avoir une meilleure compréhension de la nature de spécificités perceptives dans l'autisme, étant donné que les capacités langagières et les capacités perceptuelles auditivo-verbales vont s'influencer mutuellement comme nous allons le développer davantage dans le Chapitre 3.

## 2.3 Intérêts spécifiques

### 2.3.1 Définition

Les Intérêts spécifiques (également étiquetés intérêts intenses, spéciaux, restreints, circonscrits ou particuliers) font partie du diagnostic de l'autisme dans le domaine général des intérêts restreints et comportements répétitifs. Le DSM-IV les décrit comme « une préoccupation circonscrite à un ou plusieurs centres d'intérêt stéréotypés et restreints, anormale soit dans son intensité, soit dans son orientation et des préoccupations persistantes pour certaines parties des objets ». Exceptionnellement concentrés et intenses, les intérêts persistants dans l'autisme peuvent comporter la collecte de grandes quantités d'informations (Boyd et al., 2007). Les intérêts circonscrits dans l'autisme sont associés à des émotions positives (Klin et al., 2007) et sont non sociaux (Mottron, 2016).

L'interview diagnostique de l'autisme (ADI : Lord et al., 1989), définit un intérêt spécifique comme une occupation qui diffère de loisirs ordinaires par : (a) son intensité ; (b) son caractère circonscrit (autrement dit, il peut impliquer un haut niveau d'expertise, mais demeure exceptionnellement ciblé et non développé dans un contexte plus large des connaissances) ; (c) la qualité non sociale (il peut être

partagé avec une autre personne ayant un intérêt semblable circonscrit, mais pas dans le cadre d'un club spécialisé ou une association) ; et (d) l'intérêt persiste dans le temps (Mercier et al., 2000).

### **2.3.2 Caractéristiques**

Historiquement, l'intérêt spécifique est présenté comme étant un focus intense, exprimé sous forme de répétition et d'insistance sur la similitude. Il s'inscrivait en tant que préoccupation obsessionnelle (Kanner, 1943).

En 1980, le DSM-III reprenait cet intérêt spécifique comme « Réponses bizarres à divers aspects de l'environnement, par exemple, résistance au changement, intérêt particulier pour des objets animés ou inanimés ». En 1987, le DSM-III-R a élargi le domaine des intérêts restreints et des comportements répétitifs. Il comprenait à la fois une « préoccupation persistante pour des parties d'objets" et "un éventail d'intérêts restreints et une préoccupation pour un intérêt étroit ». L'intérêt de cet élargissement a permis au DSM-IV de distinguer implicitement les intérêts verbaux d'intérêts non verbaux (Mottron et al., 2013).

Bishop and Lord (2010) postulent que les intérêts spécifiques changent avec la trajectoire développementale, de l'intérêt précoce pour des parties d'objets aux intérêts plus complexes des personnes âgées. La naissance des intérêts spécifiques peut dans certains cas, remonter à une rencontre unique avec un matériau spécifique (Mottron et al., 2006). Des intérêts spécifiques sont également associés à un QI apparent plus élevé (Bishop et al., 2006), ainsi qu'à un diagnostic du syndrome d'Asperger.

Klin et al. (2007) ont classé les domaines d'intérêts comme : animaux et nature, technique et / ou intérêts scientifiques, lecture obsessionnelle / collecte de faits, transports en commun et systèmes, religion, dessin, musique et espace / astronautes. Une enquête parmi les parents de 61 personnes avec SA a indiqué que le matériau le plus fréquent des domaines d'information concernés dans les intérêts spécifiques étaient l'animation japonaise et les personnages de dessins animés, les appareils électriques et mécaniques, les dinosaures, l'espace / la physique, les catastrophes naturelles, les événements historiques, les encyclopédies, les livres, les jeux vidéo, les manuels techniques, la religion ou la politique, les reptiles, les rongeurs, les documents imprimés et la télévision en général (Sud et al., 2005). Un autre domaine d'intérêts spécifiques concerne les lettres et les chiffres (Klin et al., 2007). D'autres catégories d'activités ont été décrites : collectes de faits, de mémoire verbale (par exemple, nommer des marques / modèles de voitures) et mémoire visuelle avec activités associées (par exemple, fabrication de dragons LEGO), attrait sensoriels (par exemple, le toucher des objets), des mathématiques (par exemple, nommer les nombres premiers), des classements (par exemple, classification d'insectes), les dates et heures (par exemple, la mémorisation des anniversaires) et la thésaurisation (par exemple, la collecte des frisbees).

Les intérêts spécifiques peuvent favoriser les interactions sociales (Boyd et al., 2007) et le contact visuel (Nadig et al., 2010) ou constituer un outil heuristique pour comprendre le monde (Klin et al., 2007). Les compétences exceptionnelles chez les personnes avec SA peuvent impliquer des compétences générales de domaines retrouvées au niveau du groupe (généralement appelées pics ou îlots de capacités) ou des capacités spécifiques au domaine au niveau individuel, souvent appelé syndrome savant (Motttron et al., 2013a). Le développement de ces « compétences isolées spéciales » est corrélé avec l'âge et l'intelligence, mais l'apparition de pics perceptifs et la présence d'autres « Compétences isolées spéciales » dans différentes modalités perceptives semblent être relativement indépendantes. De manière

générale, la majorité des talents émergent entre les âges de 8 à 15 ans (Dubischar-Krivec et al., 2009 ; Soulieres et al., 2010).

Spiker et al. (2012) ont mis en évidence deux façons dont les intérêts spécifiques peuvent s'exprimer : l'une concerne la recherche de motifs répétitifs et l'attachement excessif à des objets, comparable aux intérêts spécifiques perceptuels observés dans l'autisme de façon plus générale. L'autre façon était caractérisée par la recherche d'informations compulsives sur des faits spécifiques autour d'un thème préféré et était de nature davantage conceptuelle et thématique, c'est-à-dire impliquant des structures de connaissances davantage sémantiques, intégrées à leur contexte, et explicites. Prenons un exemple : La locomotive à vapeur peut être abordée selon son type et sa date de création (abord perceptif) (Figure 7) ou par son modèle de systématisation où il s'agit d'analyser les variables d'un système, en déduire les règles sous-jacentes (Baron-Cohen, 2004), (versant thématique) (Figure 8).



**Figure 7 :** Exemple de descriptions verbales possibles d'un intérêt perceptif par une personne SA

« La locomotive à vapeur (Japon, [1897](#), locomotive type [American](#) 220) abordée selon son type et sa date de création où les éléments concernent davantage les aspects visuels de divers modèles (intérêt perceptif) comparée au modèle Afrique du Sud, [1953](#), locomotive type [Northern](#) 242, dont la couleur est rouge. »



(Photos tirées de <https://commons.wikimedia.org>)

**Figure 8 :** Exemple de descriptions verbales possibles d'un intérêt thématique par une personne SA

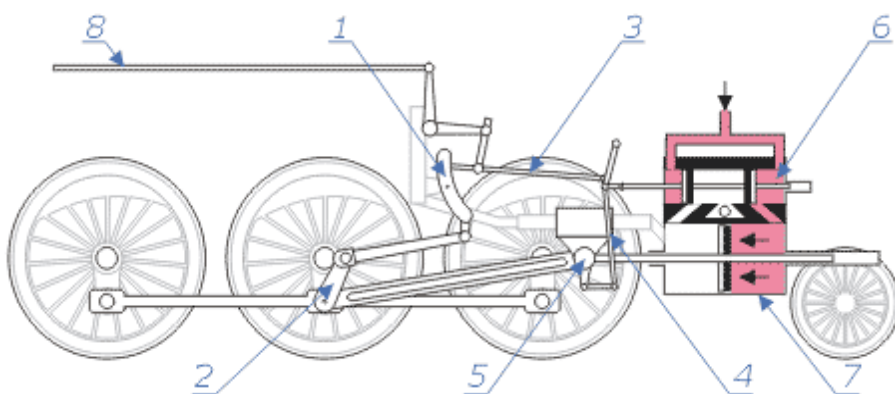
« C'est au [Royaume-Uni](#), au début du [XIX<sup>e</sup> siècle](#), que commence l'[histoire des chemins de fer](#) où la première locomotive à vapeur est construite par [Richard Trevithick](#) en [1804](#).

La locomotive se compose de trois parties principales ou ensembles :

- Le **véhicule roulant**, qui se compose du châssis, des organes de suspension et des roues ;
- Le **foyer**, qui chauffe la chaudière, et la **chaudière**, qui produit la vapeur nécessaire ;
- Le mécanisme ou **moteur à vapeur**, c'est-à-dire l'ensemble des organes qui transforment le travail de la vapeur sous pression en force motrice sur les essieux.

Les réserves en eau et combustible nécessaires à la production de vapeur peuvent être placées sur la machine, mais elles sont souvent chargées dans un tender attelé à la locomotive.

Le combustible est souvent du charbon, mais il peut être également du fioul, du bois voire d'autres combustibles ». (Tiré de Jean Gillot, *La locomotive à vapeur*, Hors-série n° 3 et 4, Éditions LR Presse)



### 2.3.3 Facteurs influençant la nature des intérêts spécifiques

Les enfants qui présentent un **SA non-verbal**, surtout lorsqu'ils sont en bas-âge, pourraient avoir un intérêt perceptif pour les formes. En effet, ils inspectent ces formes tridimensionnelles de manière prolongée (exemple, inspection prolongée d'un cube brillant). Ils mettront ces formes en mouvement et pourront manifester de la colère en cas de soustraction par autrui. Elles seront considérées comme un intérêt intense et exclusif, et feront parties des « intérêts restreints et comportements répétitifs ». Grove et al. (2018) postulent que ces comportements concernent une appréhension du monde pouvant déboucher sur un apprentissage ayant plus tard une valeur adaptative, et qu'ils procurent un bien-être chez l'enfant avec SA. Ostrolenk et al. (2017) ajoutent que l'hyperlexie concerne près de 1 enfant avec SA sur cinq et ce, en reprenant l'exemple de l'inspection prolongée des lettres. Les auteurs ont repris la notion d'hyperlexie chez les enfants avec SA âgés de moins de 5 ans et ne sachant pas parler. Ces jeunes enfants avec SA sont fascinés par les mots et les lettres, ensuite, ils apprennent à lire extraordinairement tôt, même quand on ne leur explique pas comment, mais ils ne comprennent pas toujours ce qu'ils lisent. Selon leur recherche, 84% des cas publiés d'hyperlexie étaient des enfants ayant également un diagnostic d'autisme.

Les personnes présentant un **autisme avec retard de langage (ARL)** initial montrent des forces pour le traitement des stimuli visuels ou auditifs (perception). Les personnes **SA sans retard de langage (ASRL)** initial présentent plutôt des forces au niveau du traitement du langage. En effet, dans ce dernier syndrome, non seulement les individus seraient attirés par un thème spécifique, par exemple un personnage de film, mais en plus de connaître de nombreuses informations à ce

sujet, ils auraient tendance à étendre leurs recherches aux connaissances associées (par exemple les mimiques et réactions de ce personnage).

Le moment d'acquisition du langage pourrait donc influencer la nature des intérêts intenses qui sont retrouvés en autisme. Le développement du langage oral représente un aspect particulièrement intéressant de cette hétérogénéité.

## Résumé

Certaines études montrent que les personnes avec SA peuvent être caractérisées par des capacités supérieures d'extraction des dimensions physiques à un niveau très précoce de traitement visuel. Cependant, d'autres études indiquent des déficits dans certains traitements perceptuels, ou du moins aucune supériorité dans le SA par rapport aux groupes témoins.

Selon l'approche Bayésienne, les connaissances antérieures sont représentées sous la forme de probabilités a priori et les personnes ajustent leurs prises de décision en conséquence. Concernant les personnes avec SA, les connaissances a priori seraient moins fortes ou moins utilisées que celles des personnes neurotypiques, ce qui voudrait dire qu'ils accorderaient moins de poids que les neurotypiques à leurs expériences perceptuelles passées.

La littérature concernant la perception auditive et auditivo-verbale chez les enfants et les adultes avec SA fournit également des résultats contradictoires. La très grande majorité des études n'a pas fait de distinction entre l'autisme avec ou sans retard de langage. Cette distinction entre l'autisme avec et sans retard de langage pourrait être une variable essentielle lorsque l'on étudie la perception auditivo-verbale dans le SA car les déficits perceptifs et langagiers sont connus pour s'influencer mutuellement.

L'importance des intérêts spécifiques dans la recherche sur l'autisme et leur appréciation en tant qu'organisateur de la qualité de vie des personnes SA, a évolué au fil des ans. Les intérêts se déclinent en deux versants principaux : l'un qualifié de perceptif reprenant les qualités visuelles des objets et l'autre, davantage thématique, se référant aux systèmes. L'influence des compétences langagières dans le SA pourrait également avoir un impact sur la nature de ces intérêts. Ce dernier point sera présenté dans le chapitre suivant.



## *Chapitre 3*

### **3 . Distinction entre autisme avec et sans retard de langage**

---

Dans les chapitres précédents, l'importance de distinguer le SA avec et sans retard de langage a été évoquée à plusieurs reprises, et notamment pour la compréhension des spécificités perceptuelles et des intérêts spécifiques. Cette distinction nous amène à développer dans ce chapitre, l'importance de la distinction entre SA avec et sans retard de langage afin d'aboutir à une meilleure compréhension des capacités perceptuelles atypiques et des intérêts spécifiques.

#### **3.1 Profils cognitifs du SA avec et sans retard langagier**

La 5ème édition du Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5) n'a plus repris les différents sous-types de l'autisme du DSM-IV (American Psychiatric Association, 2000), (autisme vs. Syndrome d'Asperger vs. trouble désintégratif de l'enfance et trouble envahissant du développement non spécifié) et s'est orienté vers un diagnostic unique appelé « Troubles du Spectre Autistique " « (TSA) (American Psychiatric Association, 2013). Ces changements se sont basés sur

l'affirmation que les sous-types de DSM-IV ne sont pas différenciés de manière fiable au niveau clinique (Lord et al., 2012). Toutefois, cette étiquette diagnostique unique élimine les éventuelles différences entre les sous-types, particulièrement entre le syndrome d'Asperger et l'autisme à haut-fonctionnement (Happé, 2011). Lai et al. (2013) ont affirmé que la présence ou non de troubles langagiers pourrait être le facteur principal qui contribue aux différences individuelles observées dans les profils cognitifs du SA.

Les résultats d'une étude de Lai et al. (2014), suggèrent que le développement du langage participe à l'hétérogénéité dans le spectre de l'autisme au niveau neuronal : L'autisme avec retard de langage a été associé à un plus grand volume total de matière grise, à un volume relatif plus faible au niveau de l'insula bilatérale, des noyaux gris centraux et des structures temporales supérieures, moyennes et polaires droites, ainsi qu'à un volume relatif plus important au niveau du pont et du bulbe rachidien à l'âge adulte.

L'autisme sans retard de langage a été associé à une augmentation du volume de matière grise dans le pôle temporal bilatéral, dans les régions temporales supérieures, dans les structures fronto-pariétales et cérébelleuses dorsolatérales et finalement à une augmentation du volume de substance blanche dans les régions frontales et insulaires.

### ***Autisme avec retard langagier***

En moyenne, l'enfant tout-venant prononce ses premiers mots à partir de 1 an. Si les premiers mots ne sont pas produits avant 24 mois, et qu'aucune phrase de deux mots n'est exprimée avant 33 mois, un retard dans le développement du langage est envisagé. Ce délai peut se résorber spontanément ou nécessiter une prise en charge logopédique (Schelstraete et al., 2011). Lorsqu'un retard dans le développement du langage oral est présent, l'enfant affiche un langage non communicatif et peut porter



un intérêt sur les lettres, les chiffres, le nom de couleur et les formes, comme nous l'avons indiqué précédemment. Nous voyons dès lors tout l'impact des intérêts de l'enfant avec SA dans l'apprentissage langagier. Malgré le retard de démarrage du langage, certains aspects du langage ne sont pas altérés, comme par exemple la capacité à apprendre le code écrit (Jones et al., 2009b). L'aspect pragmatique du langage, tant sur le versant expressif que réceptif, est par contre altéré dans l'autisme, quelle que soit sa forme (Martin & McDonald, 2003). Ces résultats suggèrent que les enfants avec SA présentent une connaissance amoindrie des règles sociales impliquées lors de la communication. La transmission de l'information dans un but communicatif serait une fonction du langage plus difficile d'accès pour les enfants avec SA, par rapport aux enfants sans SA. Joliffe and Baron-Cohen (1999) ont montré que des individus avec autisme et retard de langage auraient plus de difficultés pour extraire le sens de l'information perçue que des individus avec autisme sans retard de langage. Heaton et al. (2008) étudient la perception du langage chez des personnes avec SA, ils expliquent que le surfonctionnement acoustique chez une personne avec SA et retard de langage pourrait être en lien avec un attrait perceptif précoce pour les traits locaux acoustiques. Selon ces auteurs, les jeunes enfants avec SA semblent davantage attirés par les aspects acoustiques plutôt que par les aspects communicatifs du langage et que certaines capacités atypiques à l'âge adulte pourraient être consécutives à leur développement langagier, lui aussi atypique en raison d'un attrait supérieur supposé pour les traits locaux acoustiques par rapport aux aspects phonologiques.

***Autisme sans retard de langage***

Par ailleurs, d'autres enfants avec SA connaissent un développement précoce du langage et une manifestation rapide de leurs capacités langagières. Dans ce groupe, nous retrouvons néanmoins des particularités langagières de la parole (pseudo-accent, prosodie particulière), de contenu (vocabulaire plus développé pour certains champs d'intérêt, difficulté d'organisation du discours, ou syntaxe hypercomplexe), de la morphosyntaxe (structure syntaxique moins complexe), de la pragmatique et dans l'utilisation et l'adaptation du langage à des fins de communication sociale. D'ailleurs, ce dernier point est précisé par Craig and Trauner (2018) comme la difficulté à rester sur un sujet d'intérêt commun et partagé, mais également un changement abrupt de sujet et un non-respect des tours de parole. Par ailleurs, les personnes SA sans retard de langage présenteraient moins de symptômes autistiques en communication sociale durant l'enfance, une plus grande motivation sociale (Macintosh & Dissanayake, 2004 ; Verte et al., 2006). Sur le plan syntaxique, les individus concernés par l'autisme sans retard de langage produiraient des énoncés plus complexes et plus longs, par rapport aux individus concernés par l'autisme avec un retard de langage (autisme de haut niveau – AHN) (Ghaziuddin et al., 2000). Les personnes concernées par le SA emploieraient un langage plutôt « pédant » lorsqu'elles s'expriment (Happe & Frith, 1996 cités par Martin, 2003). Le langage pédant est défini par Ghaziuddin en 1996 (traduction de Bibeau en 2010) comme « le langage d'une personne qui donne davantage d'informations sur un sujet. Ce serait un langage qui outrepasserait les règles de la pertinence d'un échange verbal. Les structures de phrases peuvent être formelles et le vocabulaire peut être érudit comme dans le langage écrit. »

En dehors du langage, plusieurs caractéristiques cliniques ont été étudiées dans le but de distinguer ces deux conditions (ASRL et ARL) : difficultés motrices et spatiales prédominantes chez les individus SA sans retard de langage, profils de QI

verbal et de performance inversés; les individus ASRL possédant un QI verbal plus élevé et un QI de performance plus faible alors que l'inverse se retrouverait chez les personnes avec SA et avec retard de langage (Klin et al., 1995; Lincoln et al., 1995; Rutter, 1978). Les études visant à confirmer ou infirmer cette hypothèse ont toutefois fait ressortir des résultats contradictoires (Ghaziuddin & Mountain-Kimchi, 2004 ; Szatmari, 1998).

## **3.2 Importance de la distinction entre SA avec et sans retard de langage pour la compréhension des capacités perceptuelles atypiques et des intérêts spécifiques**

Nous allons décrire dans un premier temps, les études qui ont comparé le SA avec et sans retard langagier et les différences que ces études ont observées en termes de perceptions visuelles, auditives ou intérêts. Ensuite, nous verrons si le retard ou l'absence de retard langagier peuvent se distinguer en termes d'intérêts, selon le domaine perceptuel visuel ou moteur pour le retard ou davantage sur le domaine verbal chez les enfants sans retard du langage.

Concernant la comparaison entre SA avec et sans retard langagier, l'étude de Samson et al. (2015) a démontré l'existence de différences dans l'activité cérébrale fonctionnelle entre les individus SA présentant ou non un retard du développement du langage. Les auteurs ont observé une activité cérébrale plus élevée au niveau du gyrus frontal inférieur et des gyri temporaux moyen et supérieur, régions impliquées dans le traitement phonémique et lexical et leur intégration, auprès des personnes

SA sans retard de langage. Inversement, le groupe SA avec retard langagier a montré une activité accrue à proximité du cortex auditif primaire davantage impliqué dans les traitements auditifs de plus bas niveau. Ces régions permettent notamment l'extraction de caractéristiques acoustiques de base telles que la fréquence et les changements de la modulation temporelle ou d'amplitude (Samson et al., 2010). L'activité élevée dans les régions auditives perceptuelles serait compatible avec les capacités parfois très développées des individus SA avec retard langagier à discriminer les sons (O'Connor, 2012). Divers auteurs (Caron et al., 2006, Heaton et al., 2008, Jarvinen-Pasley et Heaton, 2007) suggèrent que les capacités perceptuelles élevées parfois observées dans le SA, qu'elles soient visuelles (meilleurs scores à la conception de blocs, temps d'inspection visuel supérieur, raisonnement non verbal présenté visuellement) ou auditives (discrimination de hauteur), sont souvent associées à un retard ou à des anomalies de la parole.

De même, il a été constaté que les personnes SA avec retard de langage présentaient des capacités visuospatiales normales à supérieures sur des tâches telles que le sous-test block design des échelles d'intelligence de Wechsler (Caron et al., 2006; Edgin et Pennington, 2005 et Mottron et al., 2006).

En résumé, le traitement de l'information auditivo-verbale pourrait se faire sur un mode davantage perceptuel dans le SA avec retard de langage alors que dans le SA sans retard de langage, ce traitement serait de niveau linguistique et plus élevé. Selon le modèle du surfonctionnement perceptuel (Mottron et al., 2006), la séparation des aspects langagiers en aspects perceptuels et linguistiques pourrait expliquer pourquoi certaines composantes linguistiques sont moins développées dans le SA avec retard du langage. Le traitement davantage perceptuel des stimuli langagiers par ces personnes pourrait expliquer l'écholalie, leur capacité développée à discriminer la hauteur dans la parole, et l'hyperlexie précoce. En revanche, chez les individus SA sans retard du langage, les stimuli langagiers sont davantage traités à

un niveau linguistique de haut niveau (Mottron et al., 2014). Cette différence fondamentale du style de traitement des stimuli langagiers pourrait avoir une importance capitale pour la compréhension des particularités perceptuelles et de la nature des intérêts spécifiques dans le SA.

## Résumé



Dans ce chapitre, nous avons présenté la distinction entre le SA avec et sans retard de langage. Cette distinction a des effets sur la manière dont les personnes avec SA s'intéressent à l'environnement. Les personnes avec SA et avec retard du langage semblent davantage attirées par les aspects perceptifs des stimuli langagiers alors que les personnes avec SA et sans retard du langage semblent traiter les stimuli langagiers à un plus haut niveau de complexité linguistique. Cette distinction pourrait s'avérer capitale pour aboutir à une meilleure compréhension des résultats très contradictoires concernant les capacités perceptuelles et la nature des intérêts spécifiques dans le SA.







# Chapitre 4

## Objectifs et hypothèses

---

Actuellement, il y a beaucoup d'incertitudes par rapport aux spécificités perceptuelles et aux intérêts spécifiques dans le SA, et surtout une grande hétérogénéité.

L'objectif principal de cette thèse de doctorat a été de mieux comprendre cette hétérogénéité en adoptant une distinction trop rarement utilisée dans les études publiées : celle entre SA avec et sans retard du langage. L'objectif de ce travail de thèse a été d'étudier si une large gamme d'acquisition et de capacités verbales pouvaient influencer la nature des intérêts, les perceptions visuelles et les perceptions auditives. Par ailleurs, des difficultés motrices seraient plus apparentes chez les personnes SA sans atypies dans le développement du langage que chez les personnes présentant un SA avec atypies dans le développement du langage. L'élimination des sous-types diagnostiques dans le DSM - 5 ne résout pas le problème de l'hétérogénéité (Lai et al., 2013 ; Waterhouse, 2013). Repérer les différents signes observables entre le SA avec et sans retard de langage pourrait également rester nécessaire pour comprendre les corrélats neurobiologiques de l'autisme et pour identifier d'éventuels biomarqueurs cérébraux (Lord & Jones 2012 ; Murphy & Sporeen 2012 ; Ecker et al., 2013 ; Grzadzinski et al., 2013 ; Lai et al., 2013 ; Tsai & Ghaziuddin, 2014).

Notre hypothèse centrale renvoie d'une part, à une implication des divers traitements perceptifs évoqués précédemment, pour permettre une différenciation de l'autisme sans retard de langage et celui avec retard langagier. Si cette hypothèse se confirme, nous devrions avoir un surfonctionnement perceptif visuel et auditif dans l'autisme avec retard de langage au vu de la théorie du sur- fonctionnement perceptif dans l'autisme (EPF, Mottron & Burack, 2001 ; Mottron et al., 2009 ; Mottron et al., 2006). D'autre part, les différentes voies de développement du langage évoquées précédemment et les différences cognitives associées sont impliquées dans l'hétérogénéité des intérêts spécifiques qui caractérisent les adultes avec SA. Dès lors, nous avons prédit que les personnes avec SA sans langage oral en période préscolaire décriraient leurs intérêts en se concentrant principalement sur les caractéristiques perceptives liées aux propriétés physiques et de surface du monde environnant. En revanche, les rapports verbaux sur leurs intérêts spécifiques par les personnes avec SA qui maîtrisent le discours à un âge typique peuvent être plus fortement caractérisés par les aspects thématiques de leurs intérêts.

**La première étude** a comparé les intérêts spécifiques dans un groupe d'adultes SA avec retard de langage (N=20) et dans un autre groupe SA ne présentant pas de retard langagier (N=20), ainsi que 20 adultes non SA, également avec des intérêts spécifiques, appariés à l'intelligence non verbale à l'aide des Matrices progressives de Raven.

On ne sait pas si ces différentes voies de développement du langage et les différences cognitives associées sont impliquées dans l'hétérogénéité des intérêts spécifiques qui caractérisent les adultes avec SA.

Cette étude a testé l'hypothèse selon laquelle le retard d'apparition du langage, ou inversement, la maîtrise précoce du langage, oriente la nature et la verbalisation des intérêts autistiques des adultes. La présence de descripteurs définis a priori pour les dimensions perceptuelles et thématiques a été déterminée, ainsi que la fonction et les avantages perçus, dans la réponse des personnes avec SA à une interview semi-structurée sur leurs intérêts intenses. Le nombre de mots, les catégories grammaticales et la proportion de descripteurs perceptifs / thématiques ont été calculés et comparés entre les groupes par des analyses de variance.

**La seconde étude** a évalué les compétences de perception visuelle chez les adultes SA avec (N=20) ou sans antécédents (N=20) de retard de langage. L'étude comprenait également 32 participants témoins appariés à l'âge et au QI non verbal.

Le but de cette étude était de déterminer si les capacités perceptuelles visuelles supérieures rapportées dans la littérature sont une caractéristique générale du SA ou si elles sont limitées à une sous-catégorie spécifique du SA telle que définie par la voie de développement du langage spécifique. Nous avons administré trois tâches issues de l'étude de Caron et al. (2006) (1 - Correspondance visuelle ; 2 – Recherche visuelle ; 3 – Mémoire visuelle à long terme). L'objectif visé à travers ces tâches consistait à vérifier dans quelle mesure la perception visuelle présentait des biais globaux vs locaux, et cela dans des contextes de tâches différents impliquant la focalisation perceptuelle pure ou l'utilisation du produit de la perception visuelle dans un contexte de recherche attentionnelle ou de mémorisation.

**La troisième étude** a examiné l'influence des connaissances linguistiques antérieures, sous forme de connaissances phonémiques catégorielles, sur la perception de la parole chez les adultes avec SA. Comme la connaissance phonémique catégorielle est façonnée par l'expérience et les capacités linguistiques, nous avons en outre distingué les participants avec SA avec (N=16) ou sans

antécédents de retard de langage (N=17) ; le groupe témoin (N=30) était composé d'individus typiques appariés à l'âge, l'intelligence non verbale et les capacités de lecture. Nous avons également contrôlé l'influence des capacités de rétention auditivo-verbale à court terme en administrant des tâches de répétition de listes de mots et de listes non-mots. Dans une première tâche, nous avons évalué les capacités de perception catégorielle pour un continuum / d / - / t /. Les participants ont été exposés à deux exemplaires inter-catégories ou intra-catégories du continuum et ils ont dû décider si les deux sons étaient identiques ou non. Si les connaissances antérieures sont réduites ou utilisées moins efficacement, alors nous devrions nous attendre à une diminution du pic de discrimination pour les paires de stimulus entre catégories ; si le traitement perceptif *bottom-up* est amélioré ou plus précis, nous devrions nous attendre à de meilleures performances de discrimination indépendamment du type inter-catégoriel ou intra-catégoriel des paires de stimuli. Un deuxième paradigme qui contrastait directement trois conditions perceptuelles pour un continuum d'informations auditives a été présenté : une **condition de non-parole**, une **condition de parole** et une **condition de parole modulée**. Dans la **condition de non-parole**, les ondes sinusoïdales résultaient d'une méthode de synthèse pure sinusoïdale, utilisant une somme pondérée en amplitude des sinusoïdes (Serniclaes et al., 2001 ; Majerus, 2011). Ces sons sont généralement perçus comme des sifflets lorsqu'ils ne sont pas explicitement présentés comme des sons de langage potentiels. Peu ou pas de perception catégorielle est attendue pour cette condition de non-parole même chez les participants témoins. Dans la **condition de parole**, les stimuli étaient les mêmes, mais ils étaient présentés comme des sons de langage, favorisant la perception catégorielle des stimuli, le long du continuum « b » - « d ». Ainsi, une perception catégorielle est attendue pour cette condition de parole. Dans la **condition parole modulée**, les sons ont été créés en suivant la même procédure que pour les autres conditions et présentés comme de la parole, mais avec une modulation d'amplitude basse fréquence supplémentaire. La modulation a été reproduite à la fréquence F0 (constante à 100 Hz), où les sons ressemblaient

davantage à des stimuli vocaux naturels. Une perception catégorielle maximale est attendue pour ce continuum. Les continuums ont été validés dans des études précédentes et ont montré une perception catégorielle atypique dans différentes conditions neurodéveloppementales telles que la dyslexie et la micro délétion du syndrome 7q11.2 (syndrome de Williams) (Serniclaes et al., 2001 ; Majerus, 2011). Si les personnes avec SA présentent des connaissances phonémiques antérieures réduites ou utilisent moins ces connaissances dans les tâches de perception de la parole, alors nous devrions à nouveau observer des pics de discrimination réduits pour les paires de stimulus entre catégories. Ceci devrait s'observer en particulier dans les conditions de la parole et de la parole modulée, où l'influence des connaissances catégorielles antérieures devrait être à son maximum dans la population témoin. Si les personnes avec SA ont des capacités de perception ascendante améliorées, alors des niveaux plus élevés de capacités de discrimination doivent être observés pour tous les types de matériels, et ce plus particulièrement pour les conditions de non-parole et les paires de sons entre catégories. Encore une fois, un intérêt ici était de savoir si ce modèle spécifique de performance perceptuelle n'était observé que pour le groupe SA avec retard d'apparition de la parole ou pour les deux groupes.

Une tâche de répétition de listes de mots et de listes non-mots a également été présentée afin de contrôler l'influence des capacités réduites de rétention verbale à court terme sur les performances de discrimination dans les tâches catégorielles de perception de la parole qui nécessitent le maintien de deux stimuli auditifs pendant une courte durée, le temps qu'il faut pour les comparer et prendre une décision sur leur similitude.

**La quatrième étude** a également utilisé le paradigme catégorique de la perception de la parole afin d'étudier de manière systématique le traitement perceptif ascendant et l'influence des connaissances antérieures sur la perception

des stimuli de la parole. La population étudiée concernait des enfants avec SA âgés entre 6 et 12 ans (N=7). Le groupe contrôle (N=24) a été appariés à l'âge, l'intelligence non verbale et les capacités de lecture. Vu le nombre limité de personnes, nous n'avons pas distingué les personnes SA sans/avec retard de langage. Les tâches utilisées ont été similaires à l'Etude 3 : continuum et répétitions de mots.







*Partie*  
*Expérimentale*



**Typical versus delayed speech onset influences verbal reporting of autistic interests**

Chiodo, L., Majerus, S., & Mottron, L.

Molecular Autism, (2017), 8(1)

---

**Abstract**

The distinction between autism and Asperger syndrome has been abandoned in the DSM-5. However, this clinical categorization largely overlaps with the presence or absence of a speech onset delay which is associated with clinical, cognitive, and neural differences. It is unknown whether these different speech development pathways and associated cognitive differences are involved in the heterogeneity of the restricted interests that characterize autistic adults.

This study tested the hypothesis that speech onset delay, or conversely, early mastery of speech, orients the nature and verbal reporting of adult autistic interests. The occurrence of a priori defined descriptors for perceptual and thematic dimensions were determined, as well as the perceived function and benefits, in the response of autistic people to a semi-structured interview on their intense interests.

The number of words, grammatical categories, and proportion of perceptual/thematic descriptors were computed and compared between groups by variance analyses.

The participants comprised 40 autistic adults grouped according to the presence (N = 20) or absence (N = 20) of speech onset delay, as well as 20 non-autistic adults, also with intense interests, matched for non-verbal intelligence using Raven's Progressive Matrices.

Results: The overall nature, function, and benefit of intense interests were similar across autistic subgroups, and between autistic and non-autistic groups. However, autistic participants with a history of speech onset delay used more perceptual than thematic descriptors when talking about their interests, whereas the opposite was true for autistic individuals without speech onset delay. This finding remained significant after controlling for linguistic differences observed between the two groups.

Verbal reporting, but not the nature or positive function, of intense interests differed between adult autistic individuals depending on their speech acquisition history: oral reporting of intense interests was characterized by perceptual dominance for autistic individuals with delayed speech onset and thematic dominance for those without. This may contribute to the heterogeneous presentation observed among autistic adults of normal intelligence.

## 1. INTRODUCTION

Individuals on the autism spectrum (AS) are characterized by ‘highly restricted, fixated interests that are abnormal in intensity or focus (e.g., a strong attachment to, or preoccupation with unusual objects, excessively circumscribed or perseverative interests)’ according to the current DSM-5 AS criteria [APA, 2013]. The AS involves a large range of speech acquisition histories and verbal abilities which, along with developmental age, influence the expression of interests. At preschool age, intense interests of minimally verbal autistic children are directed towards specific perceptual properties of mostly inanimate objects, such as periodic movements or visual patterns [Klin et al., 2009], including letters and numbers [Ostrolenk et al. 2016; Westerveld et al, 2017]. As adults, 70 [Hippler et al., 2003] to 90% [Turner-Brown et al., 2011] of verbal autistics have intense interests. Adult intense interests are characterized by the gathering of information on specific topics, resulting in encyclopedic knowledge. Intense interests are also known to persist across development [South et al., 2005]. Their relationship with other repetitive behaviors, as well as other behavioral characteristics, is poorly understood.

Intense interests were initially described more frequently in adults with Asperger syndrome [Szatmari et al., 1991; Ozonoff et al., 2000] and autistic adults with high IQ [Hippler et al., 2003], and the frequency is equivalent in these two DSM-IV clinical subgroups [South et al., 2005]. For no autistic groups [DeLoache et al., 2007], intense interests have been reported to be more frequent in boys than girls [Frazier et al., 2014] and in adult men than women [Van Wijngaarden-Cremers et al., 2014]. Intense interests in AS individuals are not necessarily more frequent or more ‘restricted’ than in typical peers [DeLoache et al., 2007], but they differ in the level of accommodation required by families and by their inflexibility [Turner-Brown et al., 2011]. Topics of

intense interests can be diverse: mechanics, language, mathematics, biology, taxonomies, and TV/videos [Baron-Cohen et al., 1999]; Japanese comics, gadgets, dinosaurs, space/physics, natural disasters, power heroes, fact books, videogames, technical manuals, religion, politics, reptiles, and rodents [South et al., 2005]; facts/verbal or visual memory, classifying/ordering of information, dates and time, hoarding, and letters and numbers [Klin et al., 2009] are commonly observed topics. The nature of the relationship between intense interests and other autistic behaviors, and recommendations on how to approach them, is poorly established. Intense interests may be relatively independent from other autistic repetitive behaviors [Lam et al., 2008; Bishop et al., 2013]. For some researchers, they have a detrimental effect on social development [South et al., 2005; Lam et al., 2008] and should be suppressed. On the other hand, naturalistic behavioral intervention programs suggest integrating them into social routines [Boyd et al., 2007; Kryzak et al., 2015]. More recent research indeed emphasizes their positive role in learning [Dunst et al., 2011; Gunn et al., 2015], quality of life, and possibly language development [Mottron, 2017; Ostrolenk et al., 2017]. This positive view is also expressed by autistic adults when they describe their own intense interests [Mercier et al., 2004; Koenig et al., 2017]. Mechanistic accounts of intense interests were initially deficit-oriented. Following these accounts, intense interests result from a deficit in executive cognitive control [Turner, 1999; Happe et al., 2009] or top-down processes [Turner, 1999; Happe et al., 2009]. Indeed, neuroimaging studies show increased activity of the insula, a motivation-related neural region, and diminished activity in regions associated with cognitive control when autistic participants view objects associated with their domain of interest [Cascio et al., 2014; Sabatino et al., 2013]. However, these accounts lack empirical behavioral evidence, as there is currently no study that has shown an association between the level of inferred deficits in cognitive control and the frequency or the magnitude of intense interests. Other accounts suggest that the domains of knowledge targeted by intense interests are those which 'fit' best autistic cognition. According to the hyper-systemizing

model [Baron-Cohen et al., 2009], the enhanced tendency to systemize in autistic individuals orients autistic people towards the detection and application of inflexible rules (if p, then q) mostly found in non-social information. The hyper systemizing model can account for some broad domains of interests, such as physics or biology, which have been observed in autistic adults. Its explanatory power is less convincing for domains where rules are more arbitrary and unrelated, such as interests in written material in the case of 'hyperlexic' children; it also cannot account for the perceptual grounding of some intense interests, and their appearance in young children without oral speech. Alternatively, the veridical mapping [Mottron et al., 2013] extension of the enhanced perceptual functioning model [Mottron et al., 2006] grounds the nature and mechanisms of autistic intense interests on domain-specific expertise. This model proposes that perceptual expertise, mostly found in autistic people with speech onset delay, results from the superior performance, role, and autonomy of perception in autistic cognition. Conversely, speech-specific expertise is found in autistic people without speech onset delay (largely overlapping with the previous DSM-IV category of Asperger syndrome), accounting for enhanced regional cortical dedication of speech-related material in this autism subgroup [Samson et al., 2015]. This model accounts for the domain-specificity of intense interests, their behavioral and brain imaging correlates, the intrinsic association between intense interests and savant abilities, and the combination of interest and performance found in autistic individuals with limited speech. However, contrary to the hyper-systemizing account, this model poorly accounts for interests involving verbally expressed encyclopedic knowledge. Here, we aimed to establish whether speech onset history may influence the nature and reporting of adult autistic interests by conducting a discourse analysis of autistic adults, with or without a history of speech onset delay, describing their interests during a semi-structured interview. Self-reports were analyzed for perceptual and thematic (i.e., those related to their semantic and conceptual dimension) content. Further questions of the interview assessed other aspects of the interests, such as their function, origin,

emotional valence, and frequency. We predicted that autistic people without overt speech during preschool age would describe their interests focusing mostly on perceptual features related to the physical and surface properties of the surrounding world. In contrast, verbal reporting about their intense interests by autistic people who mastered speech at a typical age may be more strongly characterized by the thematic aspects of their interests.

## **2. METHODS**

We conducted semi-structured interviews to assess whether speech acquisition history influences the nature of intense interests in AS. The following testing sequence was used: Anamnestic interview (age, sex, and level of education), the Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R) [Rutter et al., 2011], Raven Progressive Matrices, interests questionnaire, visuo-constructive and acoustic tasks (not presented here), the French version of the standardized Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT), which evaluates receptive and expressive language (EVIP) [Dunn et al., 1993], and a standardized reading task evaluating reading accuracy and speed reading test (Alouette) [Lefavrais, 1995]. The participants' responses to the interest questionnaire were digitally recorded then were analyzed based on lexical and grammatical content for the perceptual versus thematic nature of the descriptors used and the impact and function of the intense interests. The study was approved by the local ethics committee.

### **2.1. PARTICIPANTS**

Forty autistic adults (25 males, 15 females) between 18 and 41 years of age, diagnosed as autistic (5/40) or Asperger (35/40), according to DSM-IV criteria, by



private psychiatrists or autism resource centers in Belgium, France, and Switzerland, were included in this study. The diagnosis and early speech history were obtained clinically and was validated by the ADI-R [Rutter et al., 2011] already conducted with a parent for 17 of the participants. For the remaining 23 participants, we conducted the ADI-R with the parents (N = 20) or caregivers (N = 3) of the autistic participants to validate the clinical diagnosis. Autistic participants were allocated into two subgroups on the basis of having had (AS-SOD) or not (ASNoSOD) a speech onset delay. This was documented by questions number 9 (one-word sentences) and 10 (two-word sentences) of the ADI-R. Speech acquisition was considered to be typical (N = 20) if single words were used before 24 months of age, and if two-word sentences were used before 33 months of age. Twenty non-autistic adults (12 males, 8 females) between 18 and 41 years of age, without a history of psychiatric treatment or neurological disorders, were included in the control group of this study. These control participants, recruited via announcements of the study to personal and professional networks of the first author, dedicated more than 25% of their free time to an interest which was distinct from their professional activity. Their non-autistic status was verified by the administration of the ADI-R. As shown in Table 1, the AS-SOD, AS-NoSOD and non-autistic control groups were matched for age, nonverbal intelligence using the Raven Progressive Matrices as well as Performance IQ measured with the Wechsler Adult Intelligence Scale–Forth Edition WAIS-IV [Wechsler, 2011]. However, there were significant between-group differences for Verbal IQ and Full-Scale IQ, receptive vocabulary measured by the EVIP test and education level. Also, the number of male participants was slightly larger in the AS-SOD group than in the other two groups, although this difference only reached significant when comparing the AS-SOD and AS-NoSOD groups. The ‘Alouette’ test ruled out any reading problems or dyslexia for all participants, and these test results will not be discussed further. None of the participants had an identified neuro-genetic condition based on their medical record.

**Table 1. Characteristics of the AS-NoSOD, AS-SOD, and Control groups.**

	AS- NoSOD	AS-SOD	Controls	p-values for between group comparisons		
				AS- NoSOD/ AS-SOD	AS-NoSOD/ Controls	AS-SOD/ Controls
Sample size	20	20	20	0.02	0.34	0.17
(gender)	(9M, 11F)	(16M, 4F)	(12M, 8F)			
Age	29.65	26.3	27.25	0.3	0.29	0.67
(SD)	(8.18)	(6.43)	(6.57)			
Raven's	50.9	48.65	50.5	0.63	0.87	0.45
Progressive	(8.14)	(8.04)	(7.06)			
Matrices						
Raw scores						
(SD)						
FSIQ (SD) <sup>1</sup>	119.25	88.5	111.9	<.001*	0.29	<.01*
	(14.06)	(21.34)	(18.7)			
VIQ (SD) <sup>1</sup>	129.06	92.75	114.36	<.001*	<.01*	<.001*
	(10.95)	(14.7)	(16.13)			
PIQ (SD) <sup>1</sup>	109	100.12	111.63	0.27	0.74	0.32
	(15.93)	(24.97)	(20.12)			
EVIP (SD)	127.1	111.75	122.9	< 0.001*	0.08	< 001*
	(3.94)	(11.42)	(5.03)			
ADI-R						
score :						
Social (SD)	20.15 (10)	21.35 (10)	1.15 (10)	0.38	<0.001*	< 0.001*

Comm. (SD)	19.35 (8)	23.15 (8)	0.08 (8)	0.09	<0.001*	< 0.001*
Interests (SD)	7.6 (3)	10.2 (3)	2.2 (3)	0.09	<0.01*	< 0.001*
Age at first 2-word production (SD)	1.8 (0.44)	4.5 (1.75)	2 (0.39)	< 0.001*	0.55	< 0.001*
Level of education						
Higher level	17	5	10	< 0.001*	0.01*	0.08
Secondary level	3	12	10	0.009*	0.02*	0.49
Special school	0	3	0	0.02*	1	0.07

SD standard deviation, FSIQ full-scale IQ (WAIS-IV), VIQ verbal IQ, PIQ performance IQ. <sup>1</sup>This measure could be obtained for only a subset of participants (17 AS-NoSOD participants; 16 AS-SOD participants; 11 non-autistic control participants)

EVIP: échelle de vocabulaire en image Peabody\*.  $p < 0.05$  for pairwise t test corrected for multiple comparisons, for all variables, except for level of education and gender ratio where  $\chi^2$  tests were used

## 2.2. MATERIAL

### Questionnaire for semi-structured interview

A verbal description of each participant's intense interests was obtained through an oral questionnaire, inspired by the Yale survey of intense interests (as described in [Klin et al., 2007]), and a semi-structured interview developed by Mercier et al. [Mercier et al., 2000]. The questionnaire contained 19 questions (see file 1). Question 1 documented the intense interests of the participants by inviting them to describe his/her past and on-going interests. The question asked was: 'Could you

describe your past and present specific interests?’ The verbal reports obtained for this question were subjected to qualitative textual analysis to determine the perceptual versus thematic nature of the descriptors used by the participants when describing their intense interests (see below for a detailed description of the textual analysis). Questions 2 to 19 targeted the way intense interests are used in everyday life, as well as their perceived functions (origin of the interest, time taken by activities related to the interest, emotional valence of the interest, etc.). The verbal reports elicited by these questions were coded based on various response categories to enable between group comparisons. The administration of the questionnaire took approximately 1 h and was performed at the participant’s home, at the university, or in a hotel. There was no time limit for the participants to respond.

**File 1. Questions**

1. Could you (s) describe your specific interests, past and present?
  2. In historical terms, that is what has led to interest you?
  3. Do you use your interest in everyday life?
  4. Your interests help you have new ideas?
  5. Your interests help you understand the things that surround you?
  6. How long do you spend there?
    - . Less than 25% of the time: sometimes
    - . Between 25% and 75% of the time: A little
    - . More than 75% of the time: almost always
  7. Are you talking about your family?
  8. What is your feeling about your interest?
  9. What are the positive aspects?
  10. What are the negatives?
  11. Do you see a link between these different interests?
  12. By what means do you learn the specific interests?
  13. Do you have an interest for images or text?
  14. Do you classify the learned information, if so, how do you classify?
  15. Are you interested at retail or all of information?
  16. Do you feel that this has an effect on your memory?
  17. Can you explain what you have retained to others?
  18. Do you find that there are difficult to understand or to learn knowledge?
  19. When you learn something, get a link with what you have learned before?
-

### **2.3. PROCEDURE**

We first conducted a lexical and grammatical analysis of the participants' responses to characterize the linguistic properties of their answers for all questions; the amount of words produced was subjected to an ANOVA as a function of grammatical class and participant group. Next, we determined the perceptual or thematic nature of the intense interests based on the descriptors observed in the narrative for question 1; the proportion of descriptors was subjected to an ANOVA, as a function of the perceptual versus thematic nature of the descriptors and participant group. Last, we qualitatively assessed the impact and function of intense interests based on answers to questions 2–19; the responses to these questions were subjected to  $\chi^2$  analyses.

#### **Lexical and syntactic analysis**

A lexical and grammatical analysis of the participants verbal responses for questions 1 to 19 was performed using the automated text analysis software FrMG Wiki Alpage-Inria [FrMG Wiki. [<http://alpage.inria.fr/frmgwiki/>]. Accessed 30 Dec 2016.]. This software is based on a metagrammar which extracts a hierarchized tree of the syntactic structure of any sentence written in French. (Examples of use: [Gutman et al., 2015; Sagot et al., 2009]). This allowed us to control for the possible influence of current differences in expressive language abilities in subsequent analysis of the reporting of intense interests. We extracted the number of words and grammatical classes for the ANOVA.

#### **Distinguishing the perceptual or thematic dimension of intense interests**

The verbal content of the narratives for question 1 was analyzed to establish the proportion of perceptual versus thematic aspects of the participants' answers. This

was performed using the most widely used tool for qualitative textual analysis, NVivo 11 © [Ritme, Scientific Solution. [<http://www.ritme.com/fr/>]. Accessed 4 May 2016.]. This software detects, organizes, and analyses the content of verbal material, such as the percentage of verbal occurrences semantically related to target lexemes (minimal units of the lexicon, such as words) defined a priori by the experimenter. We therefore established an a priori list of lexemes semantically related to the concepts thematic and perceptual using official dictionaries of the French language. This list of semantically associated lexemes (55 for the thematic category and 72 for the perceptual category) was then validated by 2 professional linguists who were naïve to the purpose of the study. Validation consisted of removing lexemes that were judged to not be strongly related to the compound definitions of the concepts perceptual or thematic. Examples of lexemes related to the concept perceptual are aspect (appearance), couleur (color), détail (detail), lumière (light), ordre (order), and trait (line). Examples of lexemes related to the concept of thematic are analogie (analogy), connaissances (knowledge), relation (relation), and système (system). The final list of semantically associated lexemes is presented in supplementary material (see file 2). These two lists of lexemes were then entered into NVivo 11 and their occurrence in the verbal reports of the participants determined. The lexemes preceding and following each occurrence of the target lexemes were also analyzed to clarify their meaning, if necessary. The proportion of thematically and perceptually related lexemes for each participant was determined by dividing the number of thematic/perceptual lexemes by the total number of words produced. These proportions were used for subsequent analysis (ANOVA).

### **Impact and function of intense interests in daily life**

The relative frequency of each category of response was calculated for each question, and the frequency distributions were compared across categories and groups using  $\chi^2$  analysis.

**file 2. The final list of semantically associated lexemes**

Thematic synonyms (55)	Perceptual synonyms (72)
adaptations	alphabets
adaptation	alphabet
articles	watercolors
article	watercolor
analogies	aspects
analogy	aspect
analyses	calendars
analysis	calendar
trees	squares
tree	square
change	categories
changes	category
coherences	figures
coherence	figure
knowledge	collections
knowledges	collection
contexts	colors
context	color
cultures	dates
culture	date
discoveries	drawings
discovery	drawing
details	details



Thematic synonyms (55)	Perceptual synonyms (72)
detail	detail
environments	aesthetics
environment	aesthetic
events	labels
event	label
evolutions	geometries
evolution	geometry
explanations	gestures
explanation	body language
functioning	hours
operation	hour
link	schedules
links	schedule
logic	images
logics	image
mechanisms	letters
mechanism	letter
organizations	lights
organization	light
origins	brands
origin	brand
course	models
reports	model
report	musics
relationships	music
relationship	shadows

strategies	shadow
strategy	orders
<hr/>	
Thematic synonyms	Perceptual synonyms
(55)	(72)
<hr/>	
structure	order
structure	spelling
systems	spelling
system	photos
	photo
	pixels
	pixel
	portraits
	portrait
	tableaux
	table
	features
	line
	types
	type
	visuals
	visual
	forms
	form
	characters
	character
<hr/>	

### 3. RESULTS

#### Lexical and syntactical analysis

We first analyzed the number of words for different grammatical categories (nouns, verbs, adjectives, adverbs, conjunctions, and pronouns) contained in the verbal reports in response to the various items of the questionnaire. A group by grammatical category ANOVA on the number of words indicated a main effect of group ( $F(2, 57) = 5.43, p < 0.01, \eta^2 p = 0.16$ ) and grammatical class ( $F(5, 285) = 25.73, p < 0.001, \eta^2 p = 0.31$ ), as well as a significant interaction ( $F(10, 285) = 4.70, p < 0.001, \eta^2 p = 0.14$ ). Newman-Keuls post hoc comparisons showed that, overall, the most frequently used grammatical class was verbs followed by nouns (both  $p < 0.05$ ); the least frequently used grammatical class was adjectives. Although verbs were the most frequently used word type in the AS-NoSOD and non-autistic control groups, nouns and verbs were used at a similar frequency in the AS-SOD group. Otherwise, the three groups presented a similar distribution of responses as a function of grammatical class

(See Table 2).

**Table 2.** Means and standard deviations for the number of words and grammatical category in the verbal reports to the interest questionnaire in function of group

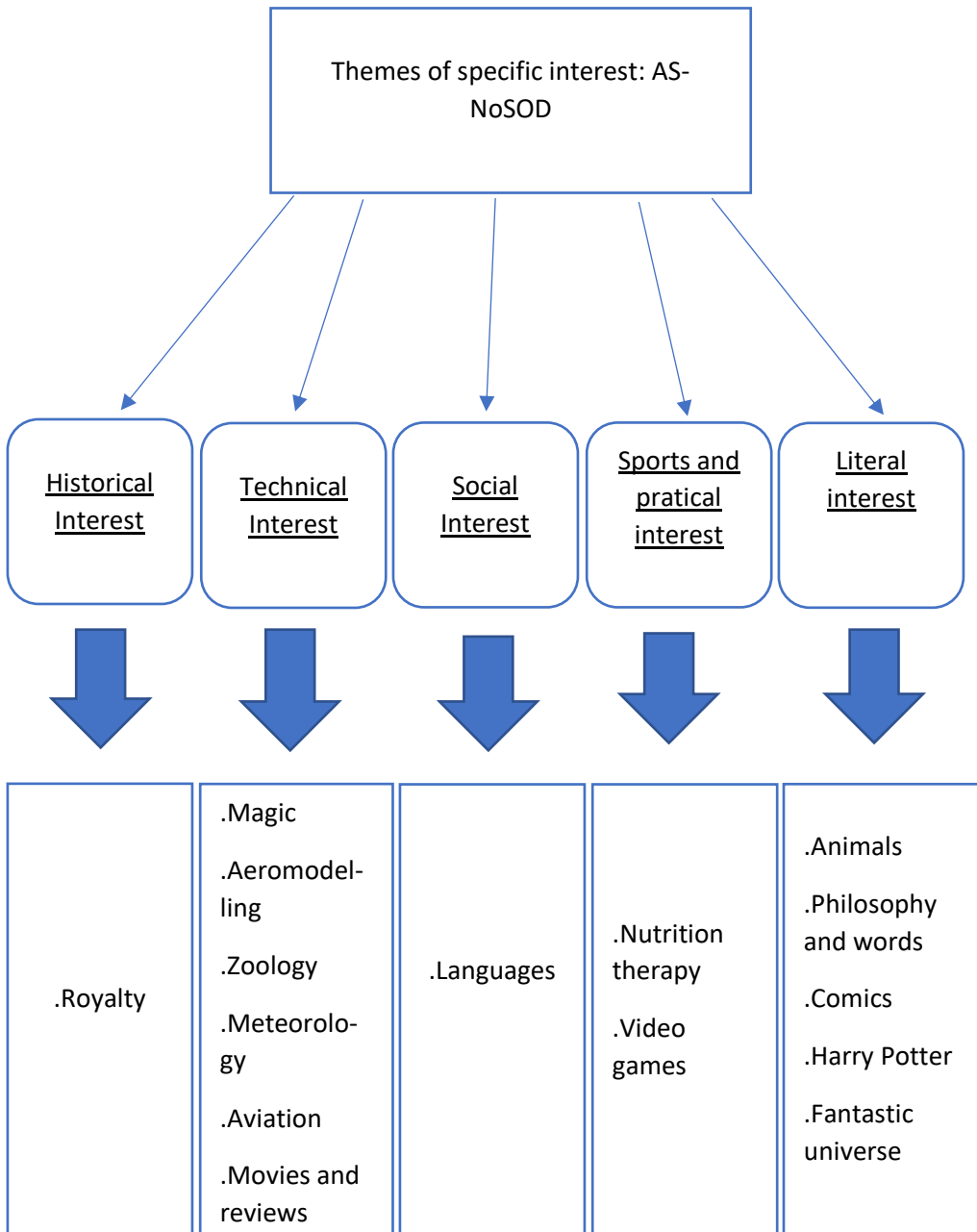
Means	AS- NoSOD	AS- SOD	Controls	AS- NoSOD/ AS-SOD	AS- NoSOD/ controls	AS-SOD/ controls
Nouns (SD)	242,3 (158,58)	129,35 (76,8)	550,2 (842,86)	.007*	.12	.03*
Verbs (SD)	406,6 (320)	133,8 (87,88)	745,45 (914,69)	<.001*	.13	.006*
Adjectives (SD)	90,6 (49,17)	35,05 (20,02)	146 (210,75)	<.001*	.26	.02*
Adverbs (SD)	229 (212,24)	73,75 (51,13)	439,45 (533,18)	.003*	.11	.004*
Conjunctions (SD)	148,45 (144,51)	39,7 (29,81)	291,15 (385,39)	.002*	.13	.006*
Pronouns (SD)	237,6 (179,71)	82,05 (56,87)	391,7 (445,49)	<.001*	.17	.004*

\*p &lt; .05 for Newman-Keuls post hoc comparisons

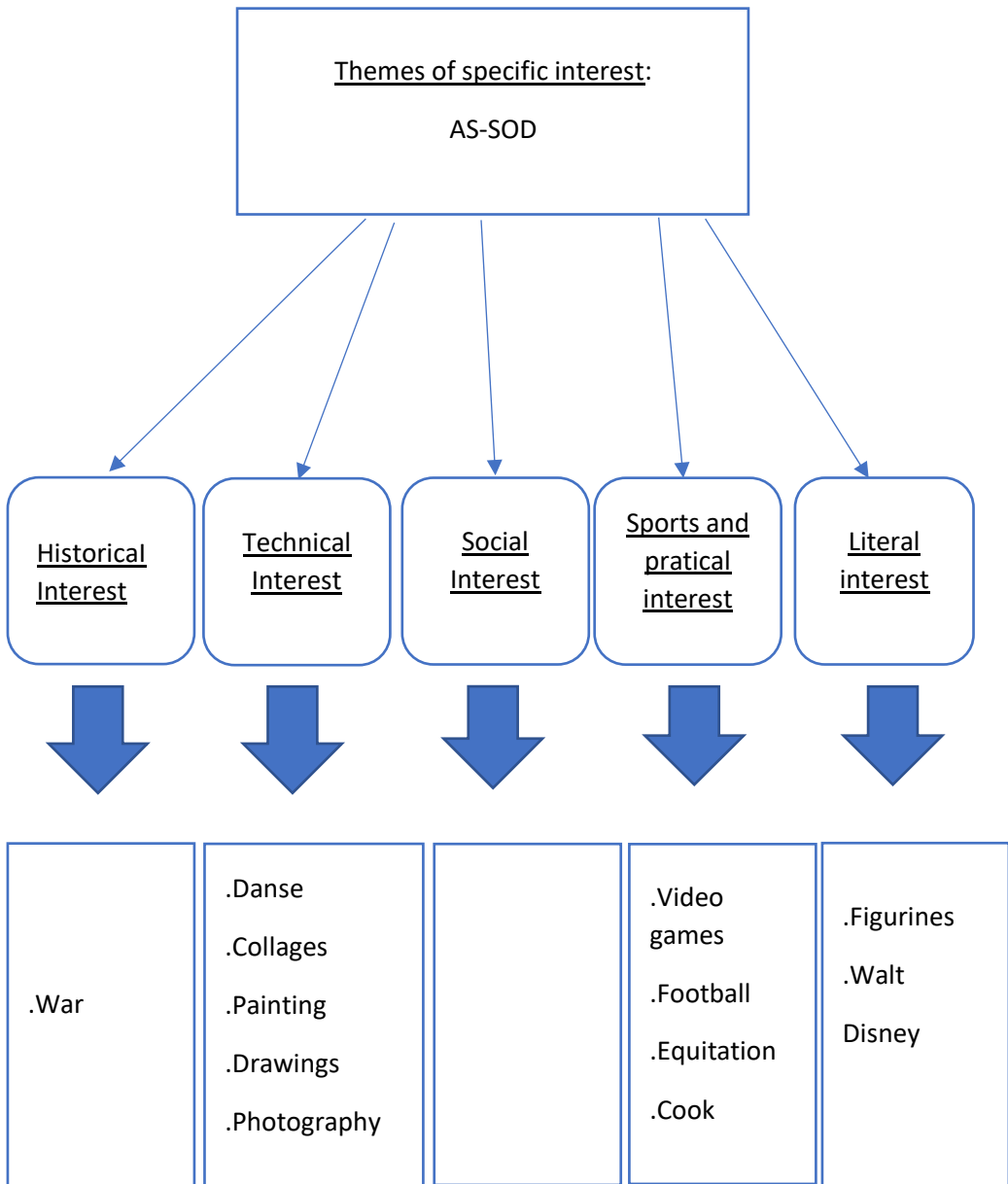
### **Perceptual or thematic dimension of intense interests**

Overall, the themes of the intense interests were similar across the three groups (see file 3). The themes involved historical, technical, sporting, practical, literal, and social interests. A mixed ANOVA was performed with group as the between-subject factor, and the proportion of thematic/perceptual descriptors as the within-subject factor. The main effects of group ( $F(2, 57) = 2.01, p = 0.14, \eta^2 p = 0.07$ ) and nature-of-interest ( $F(1, 57) = 1.27, p = 0.26, \eta^2 p = 0.02$ ) were not significant. However, the interaction was significant ( $F(2, 57) = 12.86, p < 0.001, \eta^2 p = 0.31$ ). Newman-Keuls post hoc tests showed that the AS-SOD group used more perceptual descriptors than both the AS-NoSOD ( $p < 0.001$ ) and non-autistic control groups ( $p = 0.007$ ), whereas the AS-NoSOD group used more thematic descriptors than both the AS-SOD ( $p = 0.03$ ) and control groups ( $p = 0.04$ ) (Fig. 1). The group by nature-of-interest interaction remained significant when controlling for group differences in general verbal competency using receptive vocabulary (EVIP) ( $F(2, 56) = 5.16, p < 0.01, \eta^2 p = 0.16$ ) or the total word count from the lexical and syntactic analysis, a proxy for grammatical complexity, as covariates ( $F(2, 56) = 11.95, p < 0.001, \eta^2 p = 0.30$ ). Finally, we ran the same analyses, but limited the synonyms used to identify the interests to the nouns, to ensure that the observed group differences in lexical variety for the verbal reports did not bias the detection of the intense interests either in the perceptual or thematic dimension. This analysis led to similar results, showing a significant group by interest interaction ( $F(2, 57) = 11.27, p < 0.001, \eta^2 p = 0.28$ ). Newman-Keuls post hoc tests revealed that the AS-SOD group used more perceptual descriptors than both the AS-NoSOD ( $p < 0.001$ ) and non-autistic control groups ( $p < 0.001$ ). Consistent with the previous analysis, only the interaction remained significant when controlling for group differences of receptive vocabulary (EVIP) ( $F(2, 56) = 3.53, p < 0.05, \eta^2 p = 0.11$ ), total word count ( $F(2, 56) = 10.13, p < 0.001, \eta^2 p = 0.27$ ), or total number of nouns produced ( $F(2, 56) = 10.63, p < 0.001, \eta^2 p = 0.28$ ).

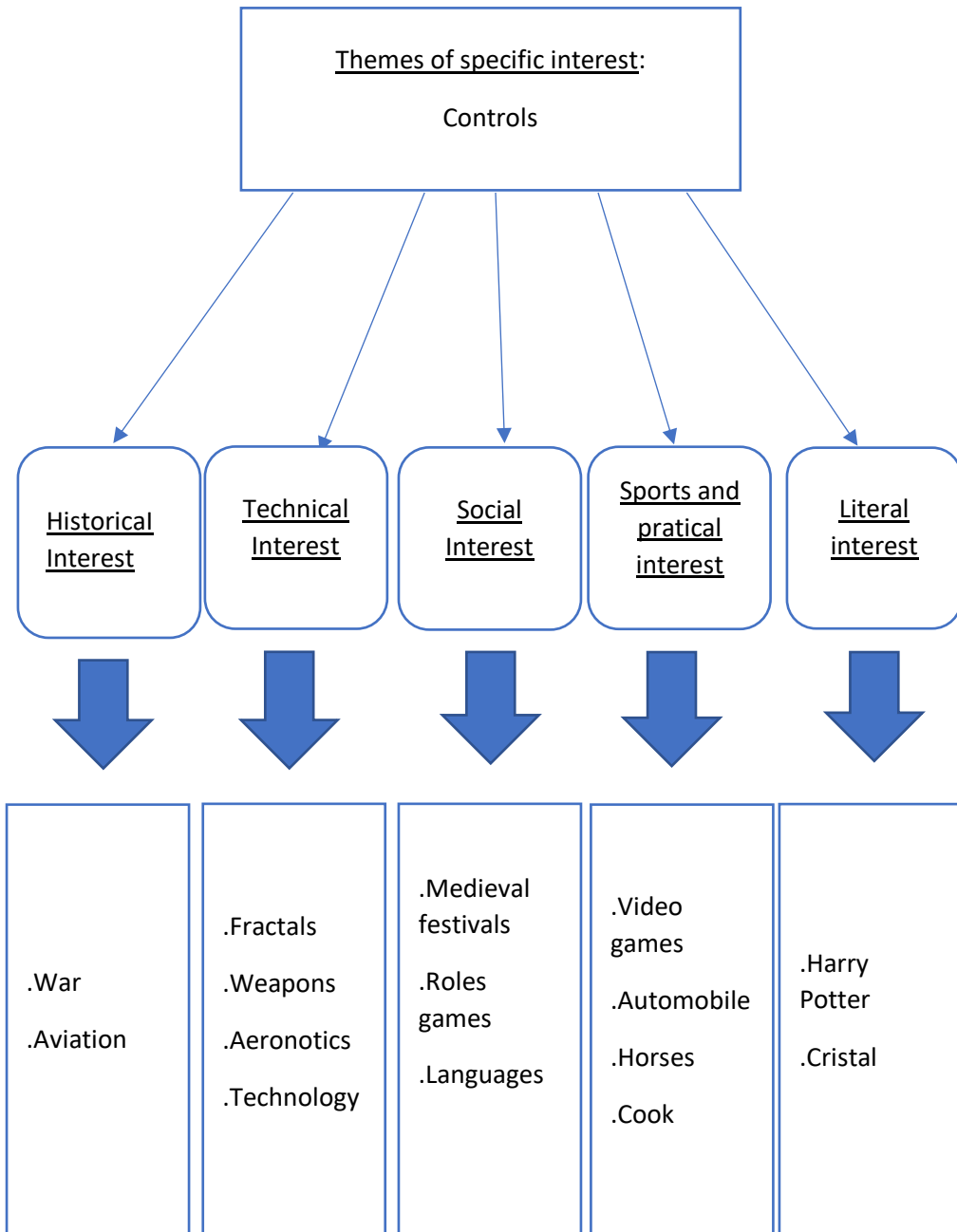
**File 3. Themes of the specific interest**



**File 3. Themes of the specific interest**

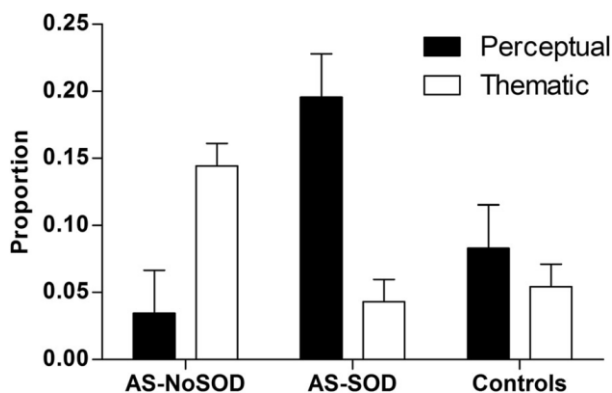


**File 3. Themes of the specific interest**





**Figure 1. Proportion of thematic and perceptual descriptors used to describe intense interests, according to group**



Sex differences in interests have been reported [Van Wijngaarden-Cremers et al., 2014]. Thus, we assessed the impact of sex differences by rerunning the main mixed ANOVA on the proportion of thematic/perceptual descriptors with both participant groups and gender as between-subject factors. This analysis confirmed all previous effects while showing no evidence for an effect of gender, except for an interaction between gender and nature-of-interest. The results were: effect of group ( $F(2, 56) = 2.08, p = 0.13, \eta^2 p = 0.07$ ), effect of nature-of-interest ( $F(1, 56) = 2.67, p = 0.11, \eta^2 p = 0.05$ ), effect of gender ( $F(1, 56) = 0.21, p = 0.65, \eta^2 p = 0.01$ ), interaction between nature-of interest and group,  $F(2, 56) = 15.68, p < 0.001, \eta^2 p = 0.36$ , interaction between nature-of-interest and gender,  $F(1, 56) = 4.35, p = 0.04, \eta^2 p = 0.07$ . An exploration of this interaction by Newman-Keuls post hoc comparisons did not lead to any reliable differences, all  $p > .50$  (mean proportions for male participants: perceptual descriptors = 0.10, thematic descriptors = 0.08; female participants: perceptual descriptors = 0.11, thematic descriptors = 0.08).

### **Impact and function of intense interests in daily life**

The comparison of the relative frequency of each category of response and the frequency distributions across categories and groups using  $\chi^2$  analysis revealed no group differences for most of the answers to the 18 questions. This indicates that the overall impact and function of intense interests in the lives of the participants was largely similar across autistic subgroups and between the autistic and non-autistic groups (see Table 3).

However, a few questions did reveal significant group effects. For question 2 (origin of intense interests), the AS-NoSOD group reported that a more general interest was at the basis of their intense interest more often than the other two groups; however, this difference was based on very few responses (four for the AS-NoSOD group, and zero for the other two groups) and this result must be viewed with caution. For question 6 (time spent on intense interests), the AS-NoSOD group spent more time on the intense interests than the other two groups, with the non-autistic control group spending the smallest amount of time. For question 13 (the pictorial versus textual nature of the interests), the non-autistic control group reported to have purely pictorial interests more often than the AS groups. Finally, for questions 14, 17, and 19 (classification of information, communication of information, and linking new information to existing knowledge), the AS-SOD group had many 'do not know' response codes, indicating that participants of this group had difficulties in responding to these questions.

**Table 3. Response frequencies for questions 2–19 of the interest’s questionnaire, as a function of response code and participant group, with  $\chi^2$  statistical values for the assessment of group effects**

	AS- NoSOD	AS-SOD	Controls	$\chi^2$	$p$
2. From a historical perspective, what led you to get interested in your interests?					
Specific Trigger	10	11	12	0.40	0.82
Global Interest	4	0	0	8.57	0.01*
Social context	4	6	9	2.93	0.23
Do not know	4	3	2	0.78	0.68
3. Do you use your interests in everyday life?					
Yes	14	10	12	1.67	0.43
No	1	1	4	3.33	0.19
Do not know	5	9	4	3.33	0.19
4. Do your interests help you to have new ideas?					
Yes	14	10	14	2.30	0.32
No	2	1	2	0.44	0.80
Do not know	4	9	4	4.10	0.13
5. Do your interests help you to understand the things that surround you?					
Yes	10	9	15	4.21	0.12
No	1	4	1	3.33	0.19
Do not know	9	7	4	2.85	0.24

## 6. How much time do you spend on your interests?

< 25%	0	2	9	14.92	0.001*
25%-75%	1	1	3	1.75	0.42
> 75%	9	5	2	6.31	0.04*
Do not know	10	12	6	3.75	0.15

## 7. Do you talk about your interests with your family?

Yes	14	8	13	4.25	0.12
No	3	6	4	1.37	0.50
Do not know	3	6	3	1.88	0.39

## 8. How do you feel about your interests?

Positive emotion	7	8	11	1.76	0.41
Negative emotion	0	1	1	1.03	0.60
Impression of control	0	0	1	2.03	0.36
Impression of no-control	3	0	1	3.75	0.15
Do not know	9	11	6	2.58	0.28

## 9. What are the positive aspects?

Yes	13	9	16	5.31	0.07
No	0	0	0	/	/
Do not know	7	11	4	5.31	0.07

## 10. What are the negative aspects?

Yes	11	5	10	4.21	0.12
No	3	4	6	1.37	0.50
Do not know	6	11	4	5.71	0.06

## 11. Do you see a connection between these different interests?

Yes	8	5	11	3.75	0.15
No	3	1	1	1.75	0.42
Do not know	9	14	8	4.14	0.13

12. By what means do you learn new elements related to your specific interests?

Self-taught	10	8	12	1.6	0.45
Social context	2	0	3	3.05	0.22
Do not know	8	12	5	5.07	0.08

13. Are you interested in images or texts?

Images	0	3	9	13.13	0.001*
Text	2	1	0	2.11	0.35
Images/text	9	5	5	2.46	0.29
Do not know	9	11	6	2.58	0.28

14. Do you classify information related to your interest, if so, how do you classify?

Yes	7	3	7	2.63	0.27
No	3	3	8	4.66	0.10
Do not know	10	14	5	8.14	0.02*

15. Are you interested in some specific details or in all aspects of a piece of information?

Detail	6	3	6	1.60	0.45
Global	3	1	4	2.02	0.36
Detail/Global	2	3	3	0.29	0.87
Do not know	9	13	7	3.74	0.15

16. Do you think that this has an effect on your memory?

Yes	9	7	8	0.42	0.81
No	1	2	4	2.26	0.32
Do not know	10	11	8	0.93	0.63

17. Can you explain what you have memorized to other people?

Yes	9	5	8	1.87	0.39
No	3	0	4	4.20	0.12
Do not know	8	15	8	6.54	0.04*

18. Do you think that some knowledge is difficult to understand or to acquire?

Yes	11	9	11	0.53	0.77
No	3	3	5	0.89	0.64
Do not know	6	8	4	1.90	0.39

19. When you learn new things, do you link these with what you already know?

Yes	13	4	11	8.97	0.01*
No	0	0	2	4.14	0.13
Do not know	7	16	7	10.80	0.005*

---

\* $p < 0.05$  participants reported positive/negative aspects, responses to these questions were coded as 'yes' when a positive/negative aspect was mentioned, as 'no' when no such aspect was mentioned, and as 'do not know' when participants could not answer to the question

## 4. DISCUSSION

This study represents the first qualitative investigation of intense interests in a large group of verbal AS adults by comparing autistic people with or without a history of speech onset delay. Furthermore, the interests in the AS groups were compared to those of non-autistic adults also showing intense interests. One important finding of this study is that the interests of autistic people with or without SOD were very similar in terms of topics, emotions produced, and adaptive benefits. However, although the domains of interests could be similar in AS subgroups (e.g., Harry Potter or Walt Disney World), the vocabulary used to describe them differed in terms of perceptual versus thematic descriptors.

### **Benefit of interests**

The interests were considered to have positive effects in both AS groups. The participants described their interests as being relevant to obtaining a job, increasing personal development, and understanding relations among people (AS-NoSOD), or preventing boredom, increasing intelligence, and resulting in respect from other people (AS-SOD). Initially, intense interests were considered negatively by experts [Gabriels et al., 2005; Wing, 1981] and were suspected to have a detrimental effect on socialization, to prevent learning and to have no adaptive value [Rogers et al., 2009], but see [Mercier et al., 2000; Asperger, 1998; Baker, 2000]. Attitudes and the judgment of non-autistic people on autistic intense interests, however, have recently evolved to converge with the findings of this study. For example, a study by Winter-Messiers [Winter-Messiers, 2007] conducted on 23 AS-NoSOD individuals from 7 to 21 years of age revealed that intense interests improved self-esteem and quality of

life, as indicated by emotional arousal when spending time on them. Improvement in speech quality, vocabulary, discourse organization, and transparency were observed when intense interests were evoked. Other benefits were fine motor skills, eye contact, initiation of conversation, used as motivational factors and to increase social relationships. Autistic children have also been shown to spend more time with other children who share their interests [Boyd et al., 2007] and appear to improve their eye contact when doing so [Sahyoun et al., 2010]. In summary, our results support the strength-based account of autistic intense interests described in recent literature [Jordan et al., 2012].

### **How speech acquisition history influences autistic interests**

Our results indicate that the history of speech acquisition influences the report of intense interests. Autistic adults who had a history of speech onset delay report their interest using terms that predominantly refer to the perceptual dimension. In contrast, autistic adults with a typical speech acquisition history emphasize the thematic aspects of their interests, using terminology mostly related to the verbal expression of their semantic content. AS-SOD people used a priori defined perceptual descriptors more often than thematic ones, whereas the opposite was true for AS-NoSOD participants. The question arises to what extent the perceptual versus thematic dominance of the descriptors for autistic interest reflects 'deep' differences between the nature of these interests. Both autistic subgroups were matched based on their score on the Raven Progressive Matrices. Thus, the limitation in verbal complexity evident in the AS-SOD group relative to the AS-NoSOD is unrelated to the complexity of the operations performed on the material of interest. Furthermore, the thematic versus perceptual dominance in the participants' discourse, as well as for the grammatical complexity of language used, was independent of their current verbal knowledge as estimated by the EVIP. In AS-SOD, the hypothesis of 'visual thinking', or a bias towards using visual



representations, has been consistently confirmed at the cognitive level [Kunda et al., 2011] and is plausibly related to ‘thinking in pictures’, as reported by some autistic adults [Grandin, 2006]. Our findings provide a self-reported, measurable counterpart which supports this possible enhanced salience of perceptual dimension in otherwise similar domains of interests. Conversely, intense interests of AS-NoSOD people support the idea of an orientation towards the aspects that are more easily transferred in verbal code. The contrast in the way thematic or perceptual descriptors characterize the descriptors of interests used by AS-SOD and AS-NoSOD individuals suggests that autistic interests cannot be derived from early visual perceptual behaviors and orientation only, as initially suggested by our group [Mottron et al., 2009].

Interests for visuo-perceptual dimensions are observed in a large subgroup of ‘prototypical’ autistic children with a history of SOD, and are still evident in adult autistic people. However, some AS individuals, with typical speech acquisition, have verbally oriented interests and this should be taken into consideration. An abstract (encompassing both verbal and non-verbal dimensions) model for the way intense interests develop in the AS should therefore be favored and include interests of autistic people not deprived of speech at an adult age.

### **Hyper-systemizing or veridical mapping?**

Various models for intense interests have unequal explanatory power. Some explain well early, perception-based interests manifested in preschool age children with speech onset delay, whereas others explain better adult, fluently verbal, ‘Asperger-type’ intense interests. The hyper-systemizing concept is orthogonal to this distinction. It has some explanatory power on the formal properties of the domains of interests, more evident when they are verbally expressed, but is not informative on the relationship between early domain-specific orientation (perception vs

speech) and adult interests. According to the veridical mapping extension of the enhanced perceptual functioning model [Mottron et al., 2013], the development of domain-specific expertise throughout life is one of the key factors of autistic phenotypic heterogeneity. In the AS-SOD group, enhanced top-down flow of perceptual information at early stages of autistic development orients them towards the detection of perceptual similarity. The initial over-development of 'domain-specific' pattern recognition and manipulation mechanisms, or perceptual expertise, orients autistic intelligence towards domains of knowledge highly loaded in structural analogy—while still retaining some aspects of their bottom up, perceptual origin and limiting their verbalization. In contrast, in the AS-NoSOD group, oral language would be the first and main investment, with a pervasive influence on the future extension and reporting of domains of interest. Autistic developmental pathways, strongly differing in their initial relationship with speech, converge towards similar interests, with similar benefits, but maintain subtle lifelong differences in their relationship with oral speech. Contribution to the definition of subgroups within the AS category DSM-IV distinguished autism and Asperger syndrome according to the presence or absence of speech delay or abnormalities at a preschool age. However, the DSM-IV definition of Asperger syndrome was barely usable [Mayes et al., 2001], of uncertain clinical value [Lord et al., 2012; International classification of diseases - 10th revision, 2011.], and did not allow clear-cut neurobiological distinctions [Sahyoun et al., 2010; Macintosh et al., 2004; McAlonan et al., 2008]. It also resulted in including individuals presenting more autistic signs in the autistic group and individuals with superior estimated intelligence in the Asperger group [Macintosh et al., 2004]. The method used in the current study solves this problem by distinguishing non-verbal IQ-matched autistic individuals based on the history of speech acquisition during preschool years, and by further controlling for the impact of differences in verbal abilities on subsequent analyses, at the statistical level. The same strategy has been successfully used by others and revealed differences in AS people according to their history of speech development. For

example, only AS-SOD individuals present greater perceptual capacities [Nader et al., 2015; Takarae et al., 2008], whereas AS-NoSOD individuals present more motor difficulties [Barbeau et al., 2015]. Functional and structural differences at the neural level have also been observed in AS-SOD and AS-NoSOD groups, and are consistent with their cognitive differences. Autistic people with SOD show enhanced activity in perceptual expertise regions, whereas this is observed in language cortical regions in NoSOD individuals [Samson et al., 2012; Lai et al., 2015]. They also show distinct patterns of brain volume difference in the corresponding regions [Lai et al., 2015]. Taken together, this suggests that having a history of speech onset delay, or not, may predict different brain structures and cognitive profiles, as well as behavioral phenotypes in adult autistics. The present study, showing that distinct characteristics define intense interests in AS-SOD and AS-NoSOD groups, provides further supportive evidence for the relevance of speech history in defining subgroups within the autism category.

### **Limitations**

This study has limitations. A written questionnaire and report may have reduced the difference in linguistic competence between the two autistic subgroups and produced different results. Autistic groups were not perfectly balanced for sex and the post hoc exploration of sex differences was insufficiently powered. Finally, the control for the effect of verbal intelligence was performed using a proxy for VIQ, the EVIP.

## 5. CONCLUSION

Verbal reporting of intense interests of adult autistic people, with and without a history of speech onset delay, and a non-autistic control group, shows that the overall nature, function, and benefit of intense interests were similar across groups. However, autistic participants with a history of speech onset delay used more perceptual than thematic descriptors when talking about their interests, whereas the opposite was true for autistics without speech onset delay. This indicates that speech history influences the relevance of certain dimensions in the reporting of autistic interests, possibly based on contrasting early domain-specific expertise. Further investigations should be conducted using measures independent of current verbal ability to determine whether speech onset history actually orients not only the reporting, but also the content of autistic intense interests.

### **Acknowledgements**

We thank the participants for the time they devoted to this study, Sandrine Eusèbe for helping with the data collection, and Pauline Duret and Fabienne Samson for comments on an earlier version of this manuscript. Michelle Dawson provided invaluable aid in the data interpretation, but this paper should not be considered to reflect her own views.





## **Visual perceptual abilities in autism with or without language delay**

Chiodo, L., Majerus, S., & Mottron, L.

---

### **Abstract**

This study assessed visual perception skills in adults with autism with or without a history of speech onset delay. Autism is characterized by a large variability in language development pathways. The aim of this study was to investigate whether the superior visual perceptual abilities reported in the literature are a general characteristic of autism or whether they are restricted to a specific subcategory of autism as defined by the specific language development pathway. We administered three tasks exploring global and local visual perceptual abilities to adults with autism and with a history of speech onset delay (AS-SOD; N = 20) or without language delay (AS-NoSOD; N = 20); the study also included 32 control participants matched for age and non-verbal IQ. The groups (AS-NoSOD, AS-SOD and control) did not show any deficit in the construction of global representations. Responses were more accurate and faster for the featural than the conjunctive conditions, as well as for the condition with the lowest number of distractors. The difference between AS-NoSOD,

AS-SOD and controls was marked in terms of reaction times. In Visual matching task, the AS-SOD group were slower as compared to the control group. The AS-NoSOD group obtained more correct answers in Long-term visual memory and for this task, response times for the AS-SOD group were faster as compared to the AS-NoSOD and control groups regarding long-term visual memory. Typical performance of autistics in tasks requiring global processing is inconsistent with the global-deficit-driven Weak Central Coherence hypothesis (Frith, 2003; Happe´ and Frith, 2006).



## 1. INTRODUCTION

Autism Spectrum Disorder (ASD) has been commonly associated with superior perceptual functioning in the visual domain. At the same time, other studies highlight the heterogeneity of perceptual functioning in ASD. The aim of this study was to determine whether superior perceptual functioning in the visual domain depends on the ASD subtype as defined by the presence (AS-SOD) or absence of speech onset delay (As-NoSOD), the latter subgroup being also known as Asperger syndrome.

A large number of studies has highlighted superior visual perceptual abilities in people with ASD, and this mainly in tasks manipulating the perceptual coherence of the visual information to be processed (Bertone, Mottron, Jelenic and Faubert, 2005; Caron et al., 2006; Kéïta, Mottron, Dawson and Bertone, 2011; Mottron, Dawson, Soulières, Hubert and Burack, 2006). Some of these studies observed an advantage for processing visual information at the global level in autistic adults and children (Mottron, Burack, Iarocci, Belleville, & Enns, 2003; Mottron, Burack, Stauder, & Robaey, 1999; Ozonoff, et al., 1994; Plaisted, Swettenham, & Rees, 1999, Experiment 1; Rinehart, Bradshaw, Moss, Brereton, & Tonge, 2000) while others observed an advantage for processing local visual information (Behrmann et al., 2006; Kourkoulou et al., 2012). Neuroimaging studies also showed that for these types of tasks, the neural regions dedicated to visuospatial treatment show higher levels of activity in autistic people than in control people (Manjaly et al, 2007). At the same time, other studies indicate that the global and local trajectories are similar between ASD participants and controls from childhood to adolescence (Guy et al.; 2016) and that 6-year-old children with ASD are quite capable of processing both global and local visual information (Bernardino et al., 2012; Koldewyn et al., 2013). This

observation is in line with current proposals according to which the visual-spatial perception of ASD is not simply characterized by local superiority or global deficits (D'Souza et al., 2015). Schwarzkopf et al. (2014) suggest that autistic people may be characterized by superior abilities for extracting of physical dimensions at a very early level of visual processing. However, other studies indicate deficits in perceptual processing, or at least no superiority in ASD as compared to the control groups. For example, several studies indicate normal or increased interference effects between local and global levels of information in ASD (Behrmann, et al., 2006; Rinehart, et al., 2000) (Mottron, et al., 2003; Mottron, Burack, et al., 1999; Ozonoff, et al., 1994). Scherf et al. (2008) observed that unlike in typical development, individuals with ASD do not show an increasing advantage for global vs. local visual perceptual processing from childhood to adulthood. Meilleur et al. (2014) observed that the perceptual peaks reported for modified block discrimination tasks disappeared when ASD and control participants were matched for non-verbal intelligence as estimated with Raven's progressive matrices (Raven, 1981). Hayward et al. (2014) showed that although ASD participants can be faster to respond to local visual targets than to global visual targets, they display the same level of precision as the control group for identifying global information, whatever the visual angles and exposure time. Finally, Van der Hallen et al. (2015) carried out a meta-analysis on 56 studies that explored global and local visual processing in about 1000 ASD participants and did not observe robust evidence for either superior local visual processing or impaired global visual processing.

A common feature of these different studies is that they generally do not distinguish between different subtypes of ASD, such as AS-SOD and AS-NoSOD (Asperger syndrome), and give very little information about the history of language development of the subjects included in the studies. This distinction could be a critical aspect for the study of a potential perceptual superiority or atypical perceptual processing in ASD as Samson et al. (2015) recently proposed that AS-SOD

individuals may favor visual perceptual treatments during development - and hence develop visual perceptual peaks - while AS-NoSOD individuals may favor linguistic treatments. They put forward that ASD groups with or without speech onset delay perform differently in visual saccade and motion discrimination tasks (Takarae et al., 2004, 2008) and only AS individuals with speech delay may display auditory (Bonnell et al., 2010; Jones et al., 2009) or visual (Barbeau et al., 2013) exceptional abilities. Furthermore, differences in gray matter volume between AS individuals with or without speech delay have also been reported within regions associated with auditory and language processing, such as the middle temporal gyrus (Lai et al., 2014).

One of the rare studies that has differentiated AS-SOD and AS-NoSOD for the study of perceptual functioning in autism is a study by Sahyoun et al. (2009). They compared the performance of 21 subjects with high-level autism and 21 subjects with Asperger's syndrome on visuospatial matching tasks similar to Raven's progressive matrices (1998). The matching response either required comparison of geometric features between the target and test items or the comparison of thematic or associative semantic relationships between the target and test items. The authors observed that participants with high-level autism (AS-SOD) showed better performance for visually vs. semantically related target and test items while the reverse was observed for the As-NoSOD group.

The aim of this study was to conduct a comprehensive assessment of visuospatial abilities in ASD, by distinguishing AS-SOD and AS-NoSOD subgroups, and by focusing on global and local aspects of visual processing in line with previous studies. Furthermore, we not only tested immediate perception of visual information, but also memory for visual information. In a first task, taken from Caron et al. (2006), we assessed perceptual abilities via a matching task. This task is based on the block-design subtest of the Wechsler intelligence scales and manipulates perceptual cohesiveness at three different levels. At the lowest level of perceptual coherence,

participants can use a local-by-local strategy that is induced both by the large number of edge cues and by the segmented presentation of the target figure. At the highest level of perceptual coherence, matching between the probe and the target figure can be achieved via a single global matching operation (see Figure 1 for an example). A second task assessed visual search abilities for stimuli at global or local levels of visual processing by having participants search for a target stimulus among distractors; the distractors differed from the target either by both structure and orientation and hence could be successfully rejected by a global processing strategy or they differed by structure or orientation only and hence needed a local processing strategy for successful rejection. This task was also taken from Caron et al. (2006). The final task was a memory task assessing memory for the target stimuli presented in the first task (matching task) in order to determine whether any advantage for local versus global processing at the perceptual level would generalize to long-term memory for visual information.

## 2. METHODS

### 2.1. Participants

Forty autistic adults (25M, 15 F) between 18 and 41 years of age, diagnosed as Autistic (5/40) or Asperger (35/40) according to DSM-IV criteria by private psychiatrists or autism resource centers in Belgium, France and Switzerland, were included in this study. Diagnosis had been obtained clinically, and was validated by a semi-structured interview conducted with a parent of the participant for 17 of them (the Autism Diagnostic Interview-revised or ADI – R). For the remaining 23 participants we validated the autism clinical diagnosis by an ADI conducted with parents (N=20) or caregivers (N=3) of autistic participants. Autistic participants were allocated to two subgroups on the basis of showing (AS-SOD (N=20: 16 M, 4 F) or not

(AS-NoSOD (N=20: 9 M, 11 F) a history of speech onset delay, as documented by the ADI questions number 9 (one-word sentences after 24 month) and 10 (two-word sentences after 33 months); 15 individuals of the AS-SOD group presented a delay in two-word sentences, 3 in one-word sentences, and 2 a speech delay that could not be further specified.

Thirty-two non-autistic adults (19 M, 13 F) aged between 18 and 41 years of age, and without a history of psychiatric treatment or neurological disorders were included as comparison group in this study. The AS-SOD, the AS-NoSOD and the non-autistic comparison groups were matched for non-verbal intelligence using the Raven Progressive Matrices (see Table 1 for details). However, as expected, the verbal IQ and education level of the AS-SOD group was significantly inferior to that of AS-NOSOD group, and to that of the comparison group. None of the participants had an identified neuro-genetic condition according to their medical record.

**Table 1. Characteristics of the AS-NoSOD, AS-SOD and Control groups.**

	AS- NoSOD	AS-SOD	Controls	p-values for between group comparisons		
				AS- NoSOD/ AS-SOD	AS- NoSOD/ Controls	AS-SOD/ Controls
Sample size	20	20	32	.02*	.3	.13
(gender)	(9M, 11F)	(16M, 4F)	(19M, 13F)			
Age	29.65	26.3	27.40	.12	.25	.57
(SD)	(8.18)	(6.43)	(6.22)			
Raven's	50.9	48.65	50.34	.35	.79	.44
Progressive	(8.14)	(8.04)	(7.07)			
Matrices						
Raw scores						
(SD)						
FSIQ (SD) <sup>1</sup>	120.06	88.5	110.5	<.001*	.15	<.01*
	(14.16)	(21.34)	(18.10)			
VIQ (SD) <sup>1</sup>	129.66	92.75	113.68	<.001*	.003*	<.001*
	(11.04)	(14.69)	(16.58)			
PIQ (SD) <sup>1</sup>	109.73	100.12	108.37	.19	.85	.26
	(16.21)	(24.96)	(18.46)			
EVIP (SD)	127.1	111.75	120.87	<.001*	.01*	<.001*
	(3.94)	(11.42)	(7.91)			
ADI-R score :						
Social (SD)	20.05 (10)	21.35 (10)	0.9 (10)	.24	<.001*	<.01*
Communic.	19.35 (8)	23.15 (8)	0.68 (8)	.01*	<.001*	<.01*
(SD)						

Interests (SD)	7.6 (3)	10.2 (3)	2.2 (3)	.05	<.001*	<.001*
Age at first 2-word production (SD)	1.8 (0.44)	4.5 (1.75)	2 (0.39)	<.001*	.70	<.001*
Level of education						
Higher level	17	5	15	<.001*	<.01*	.10
Secondary level	3	12	17	.003*	<.01*	.31
Special school	0	3	0	.02*	1	<.01*

<sup>1</sup>The Wechsler Intelligence Scales (WAIS-IV): FSIQ: Full-Scale IQ. VIQ: Verbal IQ. PIQ: Performance IQ.

<sup>1</sup> measures could be obtained for only a subset of participants (17 AS-NoSOD participants; 16 AS-SOD participants; 18 control participants)

\* $p < .05$  Planned comparisons.

## 2.2. MATERIAL

### 2.2.1. Visual matching task

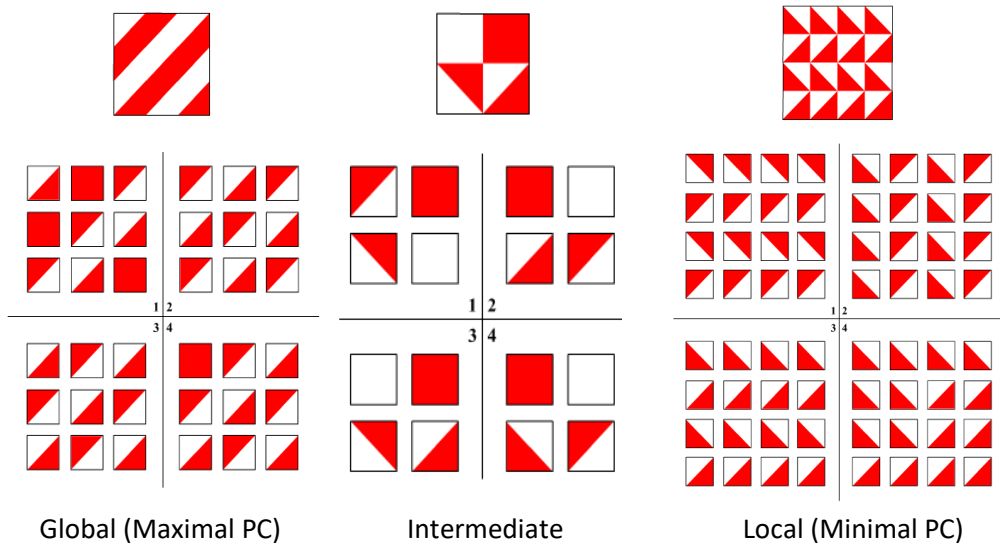
#### Material

Eighteen probe-target pairs of three different levels (global, intermediate, local) of perceptual coherence (PC) were taken from Caron et al. (2006). The probe stimuli differed from the target by color inversion, local difference and target rotation. Examples of stimuli are presented in Figure 1.

**Procedure**

Subjects had to choose, as quickly as possible, from among four segmented probe stimuli displayed at the lower part of the screen while the target was presented at the upper part of the screen. Participants responded by activating the corresponding number key. Stimulus presentation and response collection, including response accuracy and response times, were controlled via E-Prime software (pstnet.com, version 2.0).

**Figure 1. Example for target and probe stimuli for visual matching task (Caron, 2006)**





### 2.2.2. Visual search task

#### Material





Stimuli were constructed by manipulating the structure (bitriangular, birectangular) and the orientation (red angle on right top, left top, right bottom, left bottom; see Fig. 2) of the presented blocks. Birectangular blocks were identical to one of Kohs blocks (1923), used by Shah and Frith (1993). In the featural condition, the distractors differed from the target by structure and orientation. In the conjunctive condition, distractors were either of identical structure as the target but with different orientation, or different in structure but identical in orientation. Therefore, distractors shared either structure or orientation with the target. In both conditions, each stimulus display occupied an unmarked  $16.8 \cdot 16.8$  cm square at the middle of the screen. Target or distractors measured  $1 \text{ cm} \cdot 1 \text{ cm}$ . The minimum distance between elements was 0.7 cm (rows and columns). In each condition (featural, conjunctive), level of difficulty was manipulated by varying the number of items displayed (4, 9, 16) and the presence versus absence of the target (50/50), resulting in six possible combinations per condition. Two different targets were presented in each condition for a total of 2 sets of 60 trials, separated by a pause. Each set of trials was presented in an individually randomized sequence. Hence, the participant knew in advance the target to search for in each display, but did not know in advance if the target would be present, nor the number of distractors to be searched among for the target.

#### Procedure

Before each set of test trials, participants were given 12 practice trials. Before starting the test trials, participants were instructed to respond by pressing one of

two response keys as quickly and accurately as possible. Each trial was composed of the following sequence: white screen (1 s), central fixation point (1 s) and search display (10 s, or until the participant’s response). The digital timer was initiated by the presentation of the search display. If the subject did not respond within 10 s, a small clock appeared in the middle of the screen (1 s) followed by a white screen (1 s) and a central fixation point (1 s), announcing the onset of the next trial. If an incorrect response was made, an inverse ‘smile’ was shown on the screen (1 s). Finally, if a participant pressed on the response key before the search display appeared on the screen, a running ‘bunny’ was displayed at the middle of the screen (1 s).

**Figure 2. Target and distractor stimuli for the visual search task.**

Visual search task	Target	Distractors
Featural		
Conjunctive		

### 2.2.3. Long-term visual memory

#### Material and procedure

The participants had to recognize the 18 unsegmented target items presented in Experiment 1 among 18 new figures. An incidental long-term visual recognition task was administered after Experiment 2 (30 min after Experiment 1) to all participants to respond, the subject presses the green sticker, corresponding to the "1" key if he thinks he recognizes the target figure and the red sticker, corresponding to the "3" key on the computer keyboard, if he thinks never have seen this figure. Responses on the recognition task were considered correct if the participant accepted an old stimulus or rejected a new stimulus.

## 3. RESULTS

### 3.1. Visual matching task

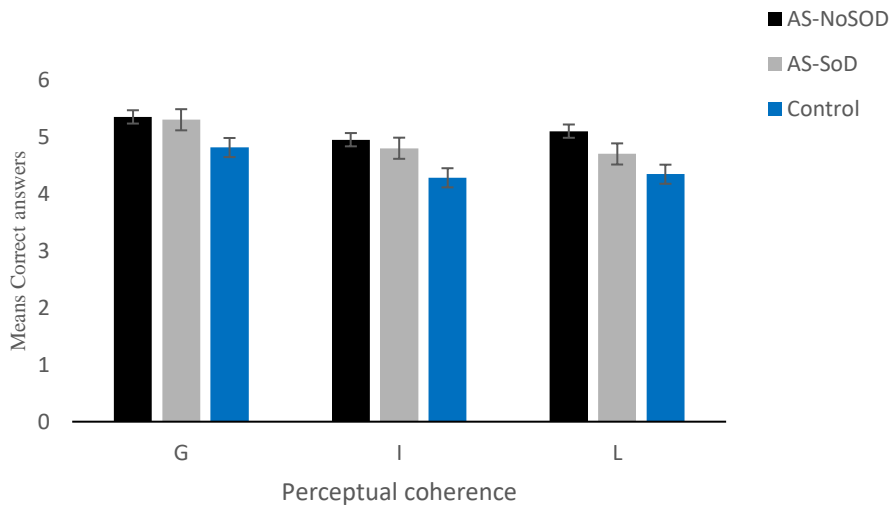
A mixed ANOVA on response accuracy, with level of perceptual coherence ("global", "intermediate" and "local") as within-subjects variable and group (AS-SOD, AS-NoSOD, control) as between-subjects variable revealed a main effect of perceptual coherence,  $F(2,138) = 17.7$   $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .20$  but no main effect of group,  $F(2,69) = 1.14$   $p = .32$ ,  $\eta^2 p = .03$ , nor an interaction  $F(4,138) = 0.65$   $p = .62$ ,  $\eta^2 p = .01$  (see Figure 3). A Holm post-hoc comparison ( $p < .001$ ) indicated significantly poorer performance for the local condition relative to both the global and intermediate condition. These results were supported by a Bayesian ANOVA showing strong evidence for the inclusion of the perceptual coherence effect ( $BF_{inclusion} = 225440.918$ ); a direct test of the null hypothesis for the group effect yielded anecdotal evidence for its *absence* rather than for its presence with  $BF_{01} = 2.175$ .

There was also moderate evidence for the absence of a perceptual coherence by group interaction, with  $BF_{01}=9.791$ .

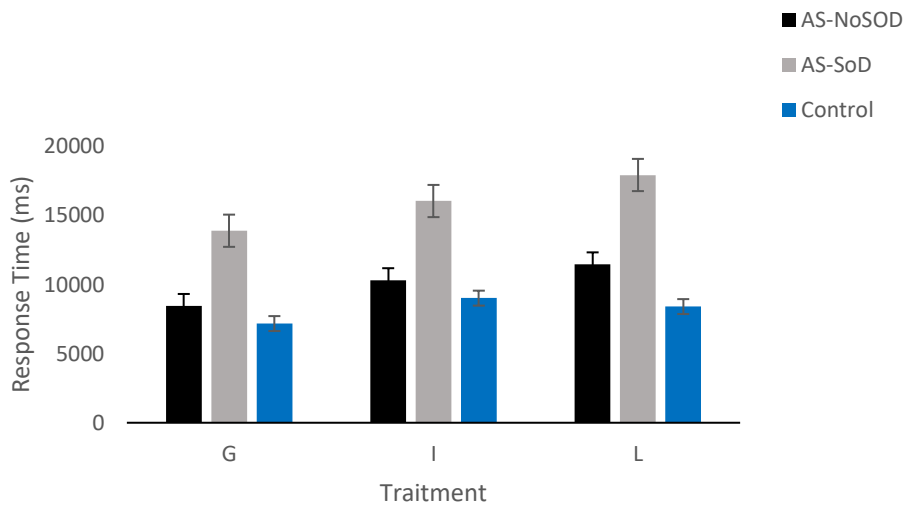
A mixed ANOVA on response times yielded similar results, with a significant effect of the perceptual coherence variable:  $F(2,138) = 7.89$   $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .10$  and a non-significant perceptual coherence by group interaction:  $F(4,138) = 0.91$   $p = .45$ ,  $\eta^2 p = .02$ . The main effect of group was however significant:  $F(2,69) = 5.02$   $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .12$ . (See Figure 4). A Holm post-hoc comparison showed shorter response times in the global condition ( $p=.008$ ) as compared to both the intermediate and the local conditions, and the AS-SOD group showed slower response times as compared to the control group ( $p < .01$ ). These results were supported by a Bayesian ANOVA showing that the model including both the perceptual coherence and the group variable was associated with the highest level of evidence ( $BF_{10} = 111.92$ ).

In summary, responses were more accurate and faster for the global condition. Furthermore, response times for the AS-SOD group were slower as compared to the control group.

**Figure 3. Response accuracy as a function of perceptual coherence and group for the visual matching task**



**Figure 4. Testing holistic visual processing through a 'reversed' computerized block-design task (Response Time)**



Perceptual Cohesiveness: PC maximum (Global), PC intermediate, PC minimum (Local)

### 3.2. Visual search task

A mixed ANOVA on response accuracy, with number of distractors (4, 9, 16) and feature condition (featural, conjunctive) as within-subjects variable and group (AS-SOD, AS-NoSOD, control) as between-subjects variable revealed a main effect of number of distractors,  $F(2,138) = 42.82, p < .001, \eta^2_p = .38$ , and of feature condition,  $F(1,69) = 207.71, p < .001, \eta^2_p = .75$ ; the effect of group was also significant,  $F(2,69) = 4.17, p < .05, \eta^2_p = .11$ . All interactions were also significant: number of distractors by feature condition,  $F(2,138) = 35.59, p < .001, \eta^2_p = .35$ , number of distractors by group,  $F(4,138) = 3.38, p < .01, \eta^2_p = .10$ , feature condition by group,  $F(2,69) = 6.40, p < .01, \eta^2_p = .16$ , three-way interaction,  $F(4,138) = 2.47, p < .05, \eta^2_p = .07$  (see Figure 5). Holm post-doc comparisons showed lower performance accuracy in the AS-SOD group relative to the control group ( $p < .05$ ), the conjunctive condition led to lower performance than the featural condition ( $p < .05$ ) and an effect of number of distractors was only observed for the conjunctive condition ( $p < .05$ ), with the group effect being significant only in the most difficult condition (largest number of distractors in the conjunctive condition) ( $p < .05$ ).

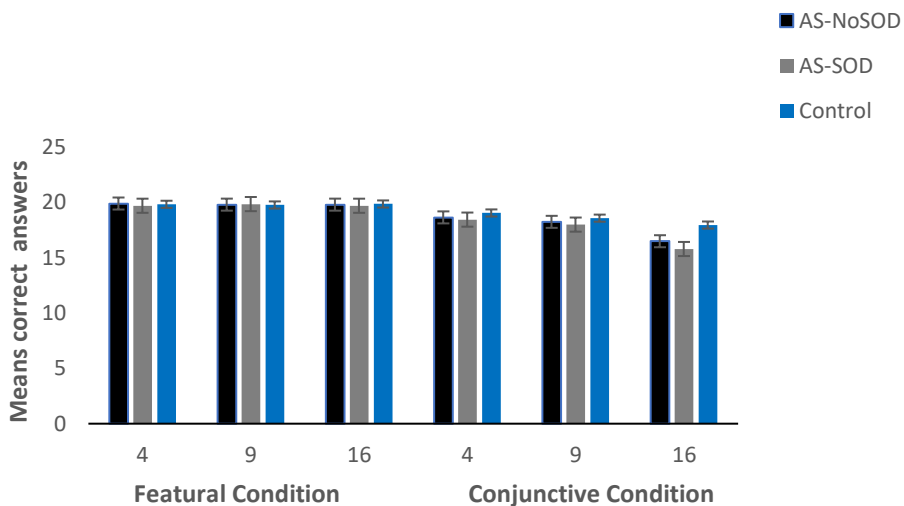
These results were globally supported by a mixed Bayesian ANOVA, showing that the most parsimonious model associated with the highest evidence included all main effects, the number of distractors by feature condition interaction and the feature condition by group interaction ( $BF_{10} = 8.59 \text{ e}+57$ ).

A mixed ANOVA on response times revealed similar results, with a main effect of number of distractors,  $F(2,138) = 704.75, p < .001, \eta^2_p = .91$  and of feature condition,  $F(1,69) = 1515.45, p < .001, \eta^2_p = .96$ ; the effect of group was however not significant,  $F(2,69) = 1.10, p = .34, \eta^2_p = .03$ . Among the interactions, only the number of

distractors by feature condition was significant,  $F(2,138) = 247.59$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2_p = .78$ ; number of distractors by group,  $F(4,138) = 1.22$ ,  $p = .30$ ,  $\eta^2_p = .01$ , feature condition by group,  $F(2,69) = 1.24$ ,  $p = .30$ ,  $\eta^2_p = .04$ , three-way interaction,  $F(4,138) = 1.85$ ,  $p = .12$ ,  $\eta^2_p = .05$  (see Figure). Holm post-doc comparisons showed that the impact of number of distractors was most pronounced in the conjunctive condition, and that response times were slower for the conjunctive versus the featural condition and for the largest versus lowest number of distractors ( $p < .05$ ). These results were supported by a mixed Bayesian ANOVA, showing that the most parsimonious model associated with the highest evidence included the main effects of number of distractors and feature condition as well as their interaction ( $BF_{10} = 5.75 \text{ e}+192$ ).

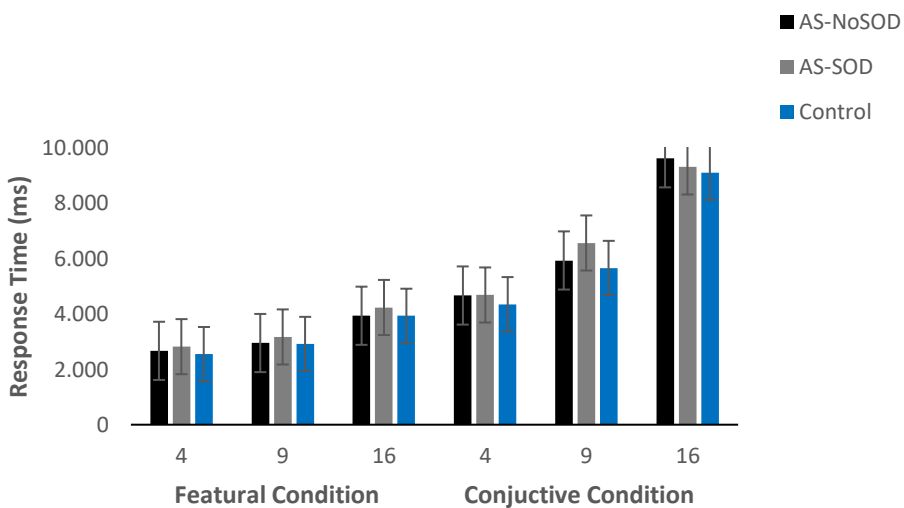
In summary, responses were more accurate and faster for the featural than the conjunctive conditions, as well as for the condition with the lowest number of distractors. A group effect was observed for response accuracy, with the AS-SOD group showing lower accuracies and this particularly for the most difficult condition (conjunctive condition with 16 distractors).

**Figure 5. Visual search using block-design components**



Correct responses target displays of 4, 9 and 16 distractors by group and type of search trial.

**Figure 6. Visual search using block-design components (Response Time)**





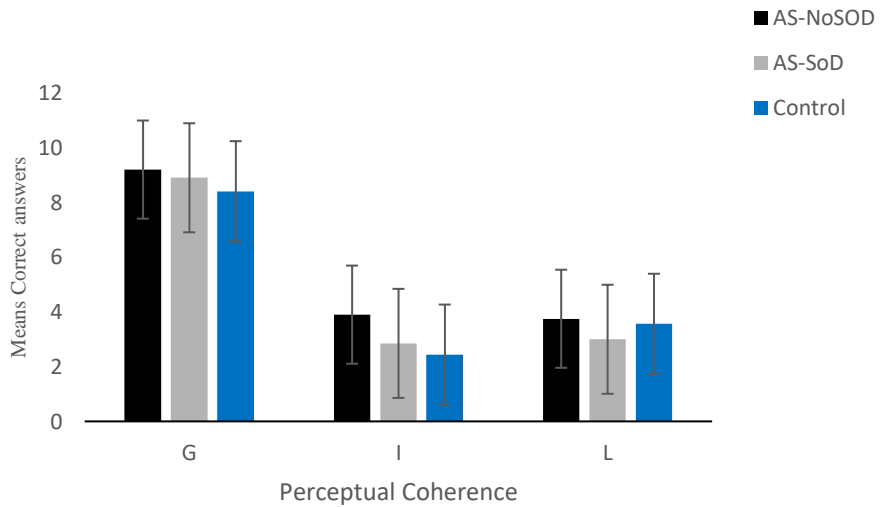
Average reaction time to detect target among displays of 4, 9 and 16 distractors by group and type of search trial. (C = conjunctive search; F = feature search.)

### 3.4. Visual long-term memory

Regarding response accuracy, a mixed ANOVA on the delayed recognition of the target visual stimuli presented in the visual matching task revealed a main effect of perceptual coherence,  $F(2,138) = 185.40$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .73$  and of group,  $F(2,69) = 3.93$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2 p = .10$ . The interaction was not significant  $F(4,138) = 0.97$ ,  $p = .43$ ,  $\eta^2 p = .03$  (see Figure 7). A Holm post-hoc comparison indicated a larger number of correct answers in the AS-NoSOD group relative to the control group ( $p < .05$ ) and a larger number of correct responses for the global perceptual coherence condition relative to the two other conditions ( $p < .05$ ). The group effect was however not supported by the Bayesian mixed ANOVA, showing that the model associated with the highest evidence only included the perceptual coherence variable ( $BF_{10} = 1.72e+48$ ). A direct test of the null hypothesis for the group effect yielded anecdotal evidence favouring the absence of a group effect, with  $BF_{01} = 1.53$ . Regarding response times, similar results were observed with a main effect of perceptual coherence,  $F(2,138) = 6.98$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .09$  and of group,  $F(2,69) = 5.52$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 p = .14$ . The interaction was again not significant  $F(4,138) = 1.10$ ,  $p = .36$ ,  $\eta^2 p = .03$  (see Figure 8). A Holm post-hoc comparison indicated slower responses in the AS-NoSOD group relative to the AS-SOD group ( $p < .05$ ) and faster responses for the global perceptual coherence condition relative to the two other conditions ( $p < .05$ ). The group effect was this time supported by the Bayesian mixed ANOVA, showing that the model associated with the highest evidence only both the perceptual coherence and the group variables ( $BF_{10} = 166.36$ ). In summary, recognition accuracy was more accurate and faster for global perceptual coherence conditions and the

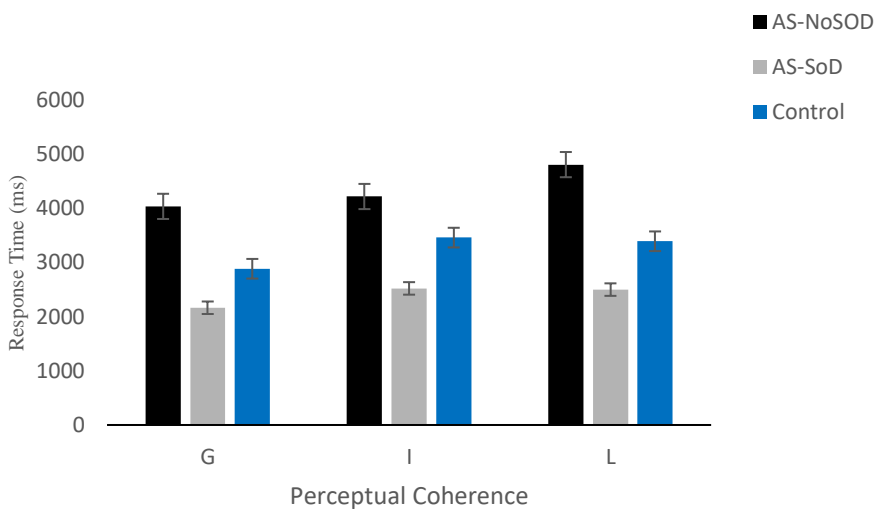
AS-NoSOD group showed consistently slower responses as compared to the As-SOD and the control groups.

**Figure 7. Long-term visual memory for block-design figures**



Long-term visual memory for local (PC minimum) and global (PC maximum) figures.

**Figure 8. Long-term visual memory for block-design figures (Response Time)**



Long-term visual memory for local (PC minimum) and global (PC maximum) figures.

## 4. DISCUSSION

The aim of this study was to compare visual specificities in autism without speech delay (AS-NoSOD; N = 20) to speech-delayed autism (AS-SOD; N = 20), matched in age and in Raven to 32 control subjects. Three tasks from the study by Caron et al. (2006) were used. Through these tasks (**1- Visual matching task, 2- Visual search task and 3- Long-term visual memory**), we explored the local and global elements in the subjects as well as the response times. The aim of this study was to investigate whether the superior visual perceptual abilities reported in the literature are a general characteristic of autism or whether they are restricted to a specific subcategory of autism as defined by the specific language development pathway. Neither autistic group displayed a deficit in construction of global representations. The AS-NoSOD / AS-SOD groups displayed a diminished influence of increasing Perceptual Cohesiveness (PC), and results indicate that their ability to integrate features into a coherent whole was preserved as in the study of Caron et al. (2006): a typical advantage in Testing holistic visual processing through a 'reversed' computerized block-design task at the global level, in memorizing figures with high PC.

### ***Understanding visuospatial peak in autism***

In order to better understand what explains the presence of a "peak in Blocks" in certain autistic people, researchers Caron, Mottron, Berthiaume and Dawson (2006) administered a series of 5 tasks evaluating different visual, perceptual and cognitive processes possibly involved in the resolution of the Blocks subtest. The tasks were administered to 16 adolescents and young adults with autism and 18 non-autists of the same age. Eight participants from each group had a peak at the Blocks. Thus, the participants were divided into 4 groups according to whether they were autistic or

non-autistic and whether or not they presented a peak to the Blocks. All participants had an average intelligence quotient (IQ) or, in the case of non-autistic people with a peak in Blocks, higher than the average. The first task was a modified version of the Blocks subtest. In its perceptual cohesiveness varied from one item to another. It is said of a figure that it has a high perceptual cohesiveness when all of its blocks form a coherent whole. The less easily the figure can be broken down into its blocks, the higher its perceptual cohesion and the more difficult it is to reproduce. In this study by Caron et al. (2006), participants with a peak in blocks (autistic and non-autistic) obtained better performances than participants without peak. However, people with autism (with and without peaks in the Blocks) were less influenced by the increase in perceptual cohesion than non-people with autism. These results indicate that people with autism are more able to segment the figure (perform local information processing), despite its high level of perceptual cohesiveness. Frith, (2003), Happe' and Frith, (2006) had suggested that this advantage found in local processing (details, segmentation, etc.) could be explained by the fact that autistic people are incapable of processing information globally and therefore are not influenced by the overall picture. However, the results of two other tasks in the study by Caron et al. (2006) refuted this hypothesis. In fact, during the second task (Visual matching task), the participants had to match whole figures to their segmented shape. All the participants were better when the figures to be paired had a high perceptual cohesion and were therefore more easily treated in a global manner. However, the participants with a peak in the Blocks (autistic or non-autistic) were quicker to execute the task, regardless of the level of perceptual coherence of the figures. The AS-SOD group were slower as compared to the control group in our study.

Our results in the visual search tasks indicated that responses were more accurate and faster for the featural than the conjunctive conditions, as well as for the condition with the lowest number of distractors. A group effect was observed for response accuracy, with the AS-SOD group showed lower accuracies and this

particularly for the most difficult condition (conjunctive condition with 16 distractors); contrary to what the authors Caron et al. (2006) have indicated in both conditions: featural and conjunctive. With these authors, while all groups of participants had a similar rate of correct responses, groups of people with a peak at the Blocks were faster than autistic and non-autistic people without a peak to complete the task unlike our groups which were faster. Our results in correct featural and conjunctive responses are more significant for AS-NoSOD, contrary to what Happé et al. (2006) found, which obtains significant results only in conjunctive conditions for ASD without distinction.

Our results in long-term memory responses were more accurate and faster for global figures and the AS-NoSOD group showed consistently slower responses as compared to the AS-SOD and the control groups. Furthermore, response times for the AS-SOD group were faster as compared to the AS-NoSOD and control groups. With Caron et al. (2006), the figures forming a global whole were better recalled by all the participants. On the other hand, those with a peak in the blocks (autistic or non-autistic), remembered a greater number of details contained in the figures.

Combined findings of our tasks based on intact or superior construction of a visual perceptual representation, indicate that this is not a deficit in the ability to combine elements in a higher order representation be responsible for superior BDT performance, as proposed by the WCC model (Frith, 2003; Happe´ and Frith, 2006).

Autism perception, by default, more oriented towards local elements (details) may be bypassed either when the construction of a global perceptual representation optimizes performance (tâche 1) or when it is mandatory for a successful performance (tâche 2, conjunctive condition). The autistic group appears to be more cognitively versatile than the control group: they may use a locally oriented (Experiment 1 of Caron et al. 2006, maximum PC) or a globally oriented (task 1 in our study and Experiment 2 in Caron, maximum PC) strategy.

Hayward et al. (2014) studied global and local visual processing in 12 young adults with autism, matched for IQ and age to 12 control subjects. The stimuli, identical to those used by Iarocci et al. (2006, Experiment 2), were black and white drawings on a white background. They included a global shape (diamond or square) that consisted of eight local elements (diamond or square). The combination of global and local elements resulted in three types of stimulus combinations that were manipulated in this study. They were considered congruent when the shapes were the same at the global and local levels (for example, a global diamond composed of local diamonds) and were considered incongruous when the shapes were different between the levels (for example, a global square composed of local diamonds). Stimuli were considered neutral when a neutral form (a circle) was presented at a level and a target shape (a diamond or a square) was presented either at the global level or at the local level. Like our study, they found that both groups were quicker to react in the global state than in the case of the local state and that they made the most mistakes on incongruous figures, demonstrating that a global priority effect. An ability of autistic participants to re-configure their default setting according to task demands has been demonstrated by Iarocci et al. (2006), who showed that autistic participants adapt more easily to modification of frequency of target occurrence at the local and global level than comparison individuals, although they are superior for local targets.

Van der Hallen et al. (2014) applied a formal meta-analytic approach and combined 56 articles that tested about 1,000 ASD participants and used a wide range of stimuli and tasks to study local and global visual processing in ASD. Overall, the results show no improved local visual treatment or a deficit in overall visual processing. A detailed analysis reveals a difference in the temporal model of local-global equilibrium, in slow overall treatment in individuals with ASD. While task-dependent interaction effects are obtained, the gender, age, and IQ of the participating groups appear to have no direct influence on performance. According to these authors, a major

problem of current research is that most studies differ in many ways, for example by employing different groups of participants, different stimuli or different task demands. The impact of these differences has been demonstrated by several interesting studies. For example, Koldewyn, Jiang, Weigelt and Kanwisher (2013) provided evidence of an effect of task demands on the perceptual process in ASD, and Scherf et al. (2009) demonstrated the importance of age effects on perceptual organization. Differences in perceptual organization in ASDs are limited to the speed with which the global order is processed. Individuals with ASD are slower in the perception of the global order than the control individuals, especially when they have to attend the global order while incongruous information is present at the local level. This suggests local-to-global interference in individuals with ASD rather than global-to-local interference as is often discussed in typically developing individuals (Navon, 1977, 1981). Individuals with ASD do not have a general deficit in the perception of the global order, because they do not differ in terms of accuracy, but are simply slower to grasp the essential. The type of performance measure (accuracy versus response time) and the level or levels of visual processing (local information, global information, or both) both affect performance and mediate group differences. The type of task administered, as well as the age, sex, and FSIQ of either group of participants, do not determine overall differences between groups, but small, task-dependent group differences. The authors found no overall deficit or alteration of the perceptual organization, but a difference in the temporal interaction between the local and global levels of visual information processing, local processing being the most spontaneous, the mode of Automatic treatment for people with ASD, and typical developmental individuals use a more comprehensive treatment style.

The theory of the weakness of central coherence (Happé et al., 2006) predicts superior performance of autistics in conjunctive conditions. However, according to the perceptual superciviliation model, there would be a reduced response time to detect the target and greater accuracy in the autistic group related to this visual

search task (O'Riordan, 2004). A higher memory for local cohesive elements would indicate a local processing bias. (Drake et al., 2011). This conclusion is consistent with Caron et al. (2006) who showed that individuals with ASD improved visual memory for fragmented images.

In summary, Caron et al. (2006) found that people with autism, with or without peaks in the Blocks, had a preference and an advantage for local processing of visual information without, however, having a deficit in terms of overall processing. They also found that people with a peak in the Blocks, autistic or not, had better perceptual skills than those without participants. Thus, what would explain the presence of a peak in Blocks in autistic people would be the combination of an advantage of local treatment (which helps them to segment the figure to be reproduced and not to be influenced by the global image) and superior perceptual processes (which allow them to perform the task quickly and to process the perceptual information presented more effectively).

### ***Language skills***

Hill (2004) pointed out that lack of flexibility and mental flexibility is one of the most deficient functions in autism. However, the subjects of our study revealed significant results in visual perception compared to the control group, even moving from one task to another. This can refer to the adaptive mode that requires changing the respective setpoints for each task.

Studies show a deficit in comprehension (Rapin, Dunn, Allen, Stevens and Fein, 2009) in a significant proportion of children with autism and even in adulthood. Our tasks included verbal comprehension skills to perform the tasks requested, and significant results do not seem to indicate poor understanding in the performance of tasks.



## 5. CONCLUSION

This study attempted to determine whether the features of perceptual functioning are constant in ASD disorders, or whether they characterize only certain subgroups of ASD. We have made the distinction between autism with and without language delay to achieve a better understanding of the nature of perceptual functioning in ASD. The results indicated that responses were more accurate and faster for global figures. The difference between AS-NoSOD, AS-SOD and controls was marked in terms of reaction times. In Visual matching task, the AS-SOD group were slower as compared to the control group. The AS-NoSOD group obtained more correct answers in Long-term visual memory and for this task, response times for the AS-SOD group were faster as compared to the AS-NoSOD and control groups regarding long-term visual memory.

### **Acknowledgements**

We thank the participants for the time they devoted to this study.



**Preservation of Categorical Perception for Speech in  
Autism with and without speech onset delay**

Chiodo, L., Mottron, L., & Majerus, S.

Autism Research (2019), 5 (2)

---

**Abstract**

Recent accounts of autistic perception, including Bayesian accounts, hypothesize a reduced influence of prior knowledge on perception across different domains in the autism spectrum (AS). The purpose of this study was to investigate the influence of prior linguistic knowledge, in the form of phonemic categorical knowledge, on speech perception in adults with AS condition. As phonemic categorical knowledge is shaped by language experience and abilities, we furthermore distinguished AS participants with (AS-SOD) or without a history of speech onset delay (AS-NoSOD); the control group was comprised of typical individuals matched for age, non-verbal intelligence and reading abilities. We also controlled for the influence of auditory-verbal short-term retention capacities by administering word list and non-word list

repetition tasks. We did not observe any reduced influence of prior phonemic knowledge on the perception of speech stimuli nor did we observed any increased perceptual abilities for atypical variants of speech stimuli or non-speech auditory stimuli, either between the two autistic groups or relative to the control group. Short-term memory abilities appeared to be superior in the AS-NoSOD group relative to the AS-SOD and control groups, but this strength could be accounted for by their higher vocabulary knowledge. The preservation of categorical perception in verbal autistic adults observed in this study challenges models claiming a reduced influence of prior knowledge on perception across domains in the AS.

## 1. INTRODUCTION

Peaks in perceptual abilities have been considered as being a hallmark feature of cognition in people presenting with autism spectrum (AS) disorder (Mottron et al., 2018). Perceptual peaks have been proposed to characterize perceptual abilities across domains, such as the visual and auditory processing domains. In the visual modality, examples of perceptual peaks are illustrated by an increased ability to process complex visuo-spatial information or by an increased reliance on perceptual features in non-verbal reasoning tasks (Gliga et al., 2015; Caron et al., 2006; Soulières et al., 2009). In the auditory modality, these peaks are illustrated by higher abilities in both children and adults with AS disorder to discriminate and categorize the pitch of simple and complex sinusoidal sounds as compared to non-autistic controls (Heaton, Davis, & Happé, 2008a; Bonnel et al., 2003; Jones et al., 2009). An increased proportion of autistic individuals also show absolute pitch processing (Lepistö et al., 2009; Teder-Sälejärvi, Pierce, Courchesne, & Hillyard, 2005). These peaks have been explained by various accounts such as the enhanced perceptual model (Mottron, Dawson, Soulières, Hubert, & Burack, 2006; Meilleur, Jelenic, & Mottron, 2014) considering enhanced bottom-up processing and non-mandatory use of linguistic knowledge and expectations in perceptual tasks, with tasks processed at the hierarchically lowest possible perceptual level. More recent Bayesian accounts have also been proposed by considering an increased reliance on bottom-up perceptual information due to a reduced intervention of prior knowledge, too precise bottom-up perceptual processing or inflexible updating of prior knowledge (Brock, 2012; Lawson et al., 2014; Pellicano & Burr, 2012; Van de Cruys et al., 2014). Overall, the general assumption behind these different accounts is that perception in the AS is characterized by a decreased or dysfunctional

intervention of pre-existing knowledge on perception across different domains and hence an increased reliance on bottom-up perceptual features. The aim of this study is to re-examine this assumption by examining categorical perception for speech in autism, by furthermore distinguishing between autism with or without a history of speech delay. Categorical perception of speech provides an interesting opportunity for testing the reduced prior knowledge account of perception in autism as categorical perception is a well-studied paradigm in the field of speech perception and provides a detailed specification of the role prior linguistic knowledge should exert on the perception of speech sounds.

The categorical speech perception paradigm allows us to simultaneously investigate bottom-up and top-down (prior knowledge) processes in speech perception. Native language sounds are generally perceived in a categorical manner based on prior knowledge. A difference between two speech sounds is only perceived if knowledge about the acoustic characteristics of speech sounds allows to categorize the two speech sounds as belonging to two different phonemic categories (e.g., /b/ versus /p/); intra-categorical acoustic variations (e.g., different acoustic variations close to the prototypical – i. e. the most frequently encountered – acoustic properties of the phoneme /b/) tend not to be perceived in discrimination tasks showing that prior categorical phonemic knowledge exerts a strong top-down effect on the perception of speech stimuli (Kuhl et al., 2008; Liberman, Harris, Hoffman, & Griffith, 1957). When presenting pairs of phonemes with variations close to the acoustic properties of a given phoneme (intra-category variations), or with variations involving acoustic features of two different phonemes (between-category variations), discrimination curves for the pairs are characterized by a sharp peak in discrimination performance for phoneme pairs involving between-category acoustic variations, and close to chance-level discrimination for pairs characterized by intra-category acoustic variations. This finding has been considered to reflect the internal phonological categories that have been created in the linguistic system (prior

linguistic knowledge) and that facilitate speech perception by top-down, predictive coding of the phonological category best supported by the perceived acoustic input (Kuhl et al., 2008). If this prior knowledge is reduced or is not used for task performance, then the expected discrimination peak for between-category pairs should disappear, leading to a flatter discrimination curve with similar performance for discrimination of between-category and within-category pairs.

With respect to perceptual specificities considered to characterize people with AS conditions, implying a decreased influence of prior knowledge and/or increased precision of bottom-up perceptual processing, we could make the following predictions. If prior knowledge is atypical or less used, then knowledge about the acoustic properties of phoneme categories should less influence performance in categorical speech perception tasks and the discrimination peak observed for between-category stimulus pairs ('b' versus 'd') should be reduced or absent. If bottom-up perceptual processing is increased, then we should expect better discrimination for within-category pairs (two acoustic variants of the phoneme 'b') in AS people, as compared to control participants.

The literature regarding processing of speech stimuli in AS children and adults provides conflicting findings. On the one hand, at a more general level of linguistic perceptual processing, a comprehensive review of the literature showed increased sensitivity to acoustic contrasts of foreign languages that are generally not perceived by non-native speakers and reduced specialization for the processing of native language sounds in AS children and adolescents (Happé & Frith, 2006; Dunn, Hall, Tillmann, & Trainor, 2012) . Neuroimaging studies also indicate atypical processing of auditory stimuli, especially for speech sounds, with more widespread activity foci in the brainstem, cerebellum and parietal regions in individuals with AS, compared to control participants who show activity peaks restricted to the left temporal cortex (Boddaert et al., 2004; Flagg, Cardy, Roberts, & Robert, 2005 ; Kujala,

Lepistö, & Näätänen, 2013; Redcay & Courchesne, 2008; Zilbovicius et al., 2000; Gervais et al., 2004; Samson, Mottron, Jemel, Belin, & Ciocca, 2005; O'Connor, 2012; for a review, see Tryfon et al., 2018). On the other hand, the few studies that focused more specifically on categorical speech perception showed normal range discrimination performance for between-category and within-category stimuli in AS children and adults (You, Serniclaes, Rider, & Chabane, 2017; Constantino et al., 2007; White et al., 2006; Stewart, Petro & Ota, 2018); only the study by You et al. indicated that prior categorical knowledge about phonemes may be less precise when using an identification task, as characterized by a slightly shallower slope of the identification curve (in these tasks, the participant has to decide whether a given sound is a 'b' or a 'p' rather than judging the similarity of two stimuli).

Besides from the fact that very few studies have assessed categorical speech perception in AS people in a systematic manner, a further problem is that these studies did not distinguish between autism with or without speech onset delay. In the subgroup previously known as Asperger syndrome, speech, and later syntax, show a normal developmental trajectory, with sometimes even above norm performance (Nader et al., 2015). Conversely, in the most frequent form of autism, there is a speech onset delay, with favourable development in around 75% of cases and the other 25% remaining non-verbal at an adult age despite frequent normal range non-verbal intelligence levels (Wodka et al., 2012; Courchesne et al. 2018). The present study will focus on the two first groups, i.e., autistic people presenting functional language use when adults but with or without a delayed onset of language development. Both of these groups can present with verbal working memory impairment in comparison to their fluid intelligence levels even if the impairment is likely to be more severe in the group with speech onset delay (Dawson et al., 2017; Nader et al., 2015). This distinction between autism with and without speech onset delay is an essential variable when investigating categorical speech perception in the AS as perceptual and language deficits are known to influence each other. Low-level



perceptual abnormalities (such as difficulties in extracting target information from the sound signal while ignoring background noise) may slow down the identification of native language sounds and their characteristics (Flagg, Cardy, Roberts, & Robert, 2005; Teder Säljærvi et al., 2005; Serniclaes et al., 2001). At the same time, perceptual difficulties can also arise as a consequence of poor language development: illiterate adults show less precise knowledge about phonemic categories (McBride-Chang, 1996; Morais, Bertelson, Cary, & Alegria, 1986; Serniclaes, 2006). Importantly, previous studies have demonstrated that only autistic participants with speech onset delay may present atypical auditory perceptual abilities (Bonnell et al., 2003; Bonnell et al., 2010).

The aim of the present study was to use the categorical speech perception paradigm in order to study in a systematic manner bottom-up perceptual processing and the influence of prior knowledge on perception of speech stimuli. Furthermore, we distinguished autism with and without speech delay. In a first task, we assessed categorical perception abilities for a /d-/t/ continuum. Participants were presented with two between-category or within-category exemplars of the continuum and they had to decide whether the two sounds are identical or not. If prior knowledge is reduced or used less efficiently, then we should expect a diminished discrimination peak for between-category stimulus pairs; if bottom-up perceptual processing is enhanced or more precise, then we should expect generally increased discrimination performance irrespectively of between-category or within-category stimulus pairs. Of critical interest here was whether these specificities are more prominent in the autism with speech onset delay group, as compared to the autism without speech onset delay group. This rationale was pushed further in a second paradigm that directly contrasted three different perceptual conditions for a continuum of auditory information: a non-speech condition, a speech condition, and a modulated speech condition. In the non-speech condition, the sine-waves resulted from a pure sine-wave synthesis method, using an amplitude-weighted sum of sinusoids (Serniclaes et al., 2001; Majerus, 2011). These sounds are typically perceived as whistles when

not explicitly presented as being potential language sounds. Little to no categorical perception is expected for this non-speech condition even in control participants. In the speech condition, the stimuli were the same, but they were presented as language sounds, favouring categorical perception of the stimuli, along the 'b' – 'd' continuum. Thus, categorical perception is expected for this speech condition. In the modulated speech condition, the sounds were created following the same procedure as for the other conditions and presented as speech, but with additional low-frequency amplitude modulation. Modulation was reproduced at the F0 frequency (constant at 100Hz), giving the sounds the equivalent of voice pitch and making them sound more like natural speech stimuli. Maximal categorical perception is expected for this continuum. The continua have been validated in previous studies and have shown atypical categorical perception in different neurodevelopmental conditions such as dyslexia and the genetic syndrome microdeletion 7q11.2 (Williams syndrome) (Serniclaes et al., 2001; Majerus, 2011). If autistic people present reduced prior phonemic knowledge or use less this knowledge in speech perception tasks, then we should again observe reduced discrimination peaks for between-category stimulus pairs and this particularly in the speech and modulated speech conditions where the influence of prior categorical knowledge is expected to be at its maximum in the control population. If autistic subjects have enhanced, bottom-up perceptual abilities, then higher levels of discrimination abilities should be observed for all types of material, and this most markedly for the non-speech conditions and the between-category sound pairs. Again, of critical interest here was whether this specific pattern of perceptual performance was observed for only the autistic group with speech onset delay or for both groups.

A word lists and non-word list repetition task was also presented in order to control for the influence of reduced verbal short-term retention abilities on discrimination performance in the categorical speech perception tasks which require two auditory stimuli to be maintained for a short duration, the time it takes to

compare them and to make a decision about their similarity. Reduced verbal working memory abilities have been shown to characterize autistic people with speech onset delay, but have also been observed, even if less consistently, in autistic people without speech onset delay (Samson, Mottron, Jemel, Belin, & Ciocca, 2005; Williams et al., 2013).

At the level of participant characteristics, we recruited adult autistics, with or without speech onset delay. Recruiting adult, literate individuals ensures that general language skills are sufficiently developed in both groups at the moment of testing, and allows for reliable assessment of categorical speech perception abilities. Furthermore, this recruitment strategy also enabled us to match the autistic groups and the control group at the level of reading age; this is a critical step given the known influence of reading ability and experience on the effect of prior categorical knowledge on speech perception.

## 2. METHODS

### *Participants*

Thirty-three adults (21 Males (M), 12 Females (F)) between 18 and 41 years of age, diagnosed as Autistic (3/33) or Asperger (30/33) according to DSM-IV criteria by private psychiatrists or autism resource centers in Belgium, France and Switzerland, were included in this study. All participants were native French speakers. For 16 of the participants, a semi-structured interview using the Autism Diagnostic Interview-revised (ADI – R) (Lord, Rutter, & Le Couteur, 1994) and the Autism Diagnostic Observation Scale (Lord et al., 1989) had already been conducted by the psychiatrist and/or the autism resource center. For the remaining 17 participants we validated the autism diagnosis by administering the Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-

R) to the parents (N=18) or caregiver (N=1) of autistic participants. Autistic participants were allocated to two subgroups on the basis of showing (AS-SOD; N=16, 13 males; Age range: 18-40 years) or not (AS-NoSOD; N=17, 8 males; Age range: 18-41 years) a history of speech onset delay, as documented by the ADI questions number 9 (one-word sentences after 24 month) and 10 (two-word sentences after 33 months); 11 individuals of the AS-SOD group presented a delay in two-word sentences, 3 in one-word sentences, and 2 a speech delay that could not be further documented. 7 additional participants had been recruited, but their data is not included in the analyses reported here due to chance-level performance for all stimulus pairs on at least one of the two categorical perception tasks (speech conditions only for the second categorical speech perception task). This was done in order to rule out the possibility that the null effects observed for the group variable (see Results) were driven by the inclusion of these participants. ASD groups were matched to a control group for age, reading level (Lefavrais, 1965), and non-verbal intellectual efficiency (Raven's standard progressive matrices; (Raven, 1998). The control group was comprised of thirty adults (17 M, 13 F) aged between 18 and 41 years of age and without a history of psychiatric or neurological conditions (Table 1). These control participants were recruited via announcements of the study to personal and professional networks of the first author. The non-autistic status of the control group was verified by the administration of the ADI-R. 2 additional participants had been recruited but their data could not be included due to chance-level performance on the experimental tasks. The statistical values reported in Table 1 confirm that the three groups did not differ at the level of age, Non-verbal intelligence (Raven's matrices), reading level and performance IQ (Wechsler Adult Intelligence Scale –IV (WAIS-IV) (Wechsler, 2011)). As expected (Samson, Zeffiro, Doyon, Benali, & Mottron, 2015; Dawson, Soulieres, Gernsbacher, & Mottron, 2007), there were significant between-group differences for verbal IQ and full scale IQ, receptive vocabulary (Échelle de vocabulaire en images Peabody - EVIP) (Dunn, Theriault-Whalen, & Dunn, 1993) and level of education.

**Table 1.** Characteristics of the AS-NoSOD, AS-SOD and Control groups.

	AS-NoSOD N=17	AS-SOD N=16	Controls N=30	AS-NoSOD/ AS-SOD <i>p</i> values	AS-NoSOD/ Controls <i>p</i> values	AS-SOD/ Controls <i>p</i> values
Age in years (SD)	30.23 (7.97)	26.56 (6.56)	26.9 (5.88)	.16	.10	.85
Raven's Progressive Matrices (SD) (raw scores)	51.58 (7.79)	50.12 (7.68)	50.23 (7.22)	.59	.55	.96
Reading level in months (SD)	196.17 (43.40)	193.31 (68.40)	179.96 (50.49)	.88	.27	.45
FSIQ (SD) <sup>1</sup>	119.69 (15.09)	93.76 (19.80)	111.4 (18.36)	.001*	.20	.02*
VIQ (SD) <sup>1</sup>	129.53 (11.63)	92.75 (14.25)	113.8 (17.15)	<.001*	.009*	.006*
PIQ (SD) <sup>1</sup>	110.61 (17.15)	104.30 (25.22)	109.73 (18.26)	.46	.89	.51
EVIP (SD) (standardized score)	127.35 (4.15)	114.62 (10.91)	120.56 (8.06)	<.001*	.002*	.04*
ADI-R score :						
Social (SD)	20.82 (5.41)	21.37 (3.79)	0.83 (0.91)	.73	<.001*	<.001*
Communic. (SD)	20.11 (7.02)	23.75 (6.29)	0.6 (0.77)	.12	<.001*	<.001*
Interests (SD)	7.35 (2.14)	8.81 (3.12)	1.86 (1.79)	.12	<.001*	<.001*
Age at first 2-word production (SD) (years)	1.82 (0.39)	4.03 (1.2)	1.9 (0.4)	<.001*	.53	<.001*

Level of education  
(number of  
participants/level)

Higher level	14	4	13	<.001*	.009*	.21
Secondary level	3	11	17	.002*	.009*	.42
Special school	0	1	0	.29	0	.16

<sup>1</sup> full-scale IQ (FSIQ), verbal IQ (VIQ) and performance IQ (PIQ) (WAIS-4) were obtained for 13 AS-NoSOD participants, 13 AS-SOD participants and 15 non-autistic control participants.

\*p < 0.05 for pairwise t-tests corrected for multiple comparisons; for level of education and gender ratio, the p values reflect  $\chi^2$  tests

SD: standard deviation

EVIP: échelle de vocabulaire en image Peabody (French version of the Peabody Picture Vocabulary Test)

## ***Tasks***

### ***Categorical perception: d-t continuum – Material***

All sounds of this continuum were sine-wave analogues with pitch modulation, making them immediately appear as speech sounds (Majerus, 2011; Medina, Hoonhorst, Bogliotti, & Serniclaes, 2010). There were 8 stimuli (A, B, C, D, E, F, G, H) ranging from / doe / (A) to / toe / (H). Voice-onset time varied from -70ms to + 70ms, with incremental steps of 20ms. The stable frequencies of the 1st, 2nd and 3rd formants were 493Hz, 1485 Hz and 2500Hz, respectively.

Onset frequencies of 1st, 2nd and 3rd formant transitions were 300 Hz, 2000 Hz and 3100 Hz, respectively (the sound stimuli can be accessed at [https://osf.io/t47xw/?view\\_only=7bb4e8bb99114caa89e8e9b800ffbe54](https://osf.io/t47xw/?view_only=7bb4e8bb99114caa89e8e9b800ffbe54)). The total duration of the sounds varied between 210 ms (A) and 280 ms (H).

***Procedure.*** A first continuum assessed categorical perception abilities for speech stimuli by contrasting stimuli from the /d-/t/ continuum, with stimuli varying at the level of voice onset time in seven steps, and a theoretical categorical boundary at

the mid-point voice onset time values (variant 4 of the seven stimuli). The stimuli were presented in pairs from adjacent positions of the continuum (e.g., A-B) and participants had to decide whether the two syllables were the same or not. In this type of discrimination task, participants generally identify a difference only for the pairs involving the mid-point stimulus (e.g., CD, DE). A second continuum used the same logic for consonant pairs varying at the level of formant transition values (/b/ - /d/). This continuum included 5 variants ranging from /b/ to /d/. Adjacent stimulus pairs AB, BC, CD, DE, EF, FG and GH and corresponding identical pairs AA, BB, CC, DD, EE, FF, GG and HH were presented for discrimination. For each condition, each different pair was presented 4 times in both directions (AB or BA) with an equivalent number of presentations for identical pairs resulting in 88 trials. The stimulus pairs were selected in random order within each continuum, and presented via high quality headphones at the rate of 1 stimulus every 2500 ms via E-Prime 2.0 software running on a PC compatible mobile computer. Stimuli were output at a comfortable listening level. The task instructions were: "You will hear two syllables. The syllables are 'deu' or 'teu'. If you hear twice the same syllable, 'deu-deu' or 'teu-teu', you press the green button. If the syllables are different, such as 'deu'- 'teu' or 'teu'- 'deu', you press the red button. Are you ready?" The participants responded by pushing a button marked with a green sticker for 'same' responses, and a button marked with a red sticker for 'different' responses. The participants had to respond within 6000 ms. The task started with 8 practice trials. For each condition and for each stimulus pair, we computed  $d'$  scores to take into account response bias (Macmillan & Creelman, 1991).

***Categorical perception: b-d continuum – Material***

This continuum assessed perception and discrimination for both linguistic and non-linguistic stimuli. The continuum contained six acoustic variations (A, B, C, D, E and F), varying from /ba/ to /da/, and were taken from Serniclaes et al., 2001; Majerus, 2011. The variants differed exclusively at the level formant transitions, by modulating the initial frequency transition of the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> sine-waves of each sound, corresponding to the 2<sup>nd</sup> (F2) and 3<sup>rd</sup> (F3) formant transitions in natural speech. The onset frequency of the second sine-wave varied between 700Hz (/ba/ endpoint) / and 2075 Hz (/da/ endpoint), in 5 equal steps of 275Hz. The onset frequency of the 3<sup>rd</sup> sine-wave varied from 1500 Hz to 3875 Hz in 5 equal steps of 475 Hz. The end frequencies of the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> sine-wave transitions were set at 1300Hz and 2500Hz, respectively. The initial frequency of the first sine-wave (F1) was set to 100Hz, and its end frequency was 750Hz (the sound stimuli can be accessed at [https://osf.io/t47xw/?view\\_only=7bb4e8bb99114caa89e8e9b800ffbe54](https://osf.io/t47xw/?view_only=7bb4e8bb99114caa89e8e9b800ffbe54) ). The total duration of each sound was 230 ms. As noted before, the stimuli were presented under three conditions: a non-speech / whistling condition, a speech condition, and a modulated speech condition. In the non-speech condition, the sine-waves resulted from a pure sine-wave synthesis method using an amplitude-weighted sum of sinusoids (Serniclaes, Sprenger-Charolles, Carré, & Démonet, 2001). In the speech condition, the stimuli were the same, but they were presented as language sounds, favouring categorical perception of the stimuli. In the modulated speech condition, the sounds were created following the same procedure as for the other conditions, but with additional low-frequency amplitude modulation at the F0 frequency (constant at 100Hz), giving the sounds the equivalent of voice pitch and making sound more like natural speech stimuli. The non-speech condition was presented first in order to favor a non-linguistic acoustic processing strategy, followed by the speech and the modulated speech conditions. *Procedure.* Adjacent stimulus pairs AB, BC, CD, DE and EF and corresponding identical pairs AA, BB, CC, DD, EE and FF were



presented for discrimination. For each condition, the number of presentations of stimulus pairs followed the same procedure as for the previous task, resulting in 64 trials per condition. For the non-speech continuum, the task instructions were the following: “You will hear two sounds. When the two sounds are identical, you push the green button; when they are different, you push the red button. Are you ready? Here we go.” For the speech continuum, the task instructions were adapted in order to present the same sounds as potential speech sounds: “This time, you will hear two-word sounds, ‘ba’ and ‘da’. If you hear twice the same word, ‘ba–ba’ or ‘da–da’, you press the green button. If the words are different, such as ‘ba’– ‘da’ or ‘da’– ‘ba’, you press the red button. Are you ready?” For the modulated speech continuum, the instructions were the following: “You will now hear the same words pronounced by a different voice. As before, if you hear twice the same words, ‘ba–ba’ or ‘da–da’, you press the green button. If the words are different, you press the red button. Are you ready?” As for the first task,  $d'$  scores were computed, and this separately for each presentation condition (non-speech, speech, modulated speech). The participants had to respond within 6000 ms. The task started with 4 practice trials.

### ***Immediate serial recall task of word and nonword lists – Material***

A list of 84 consonant-vowel-consonant (CVC) words and a second list of 84 CVC non-words were created. The phonotactic frequency of CV and VC biphones of non-words was matched to those of words on the basis of a French phonetic database (Tubach & Boë, 1990) (Majerus, 2011, 2013). The stimuli were presented in lists ranging from 2 to 6 items, with four lists per length. *Procedure.* The word and non-word stimuli were regrouped in sequences of increasing length for immediate serial recall; the shortest sequence contained 2 stimuli and the longest sequence contained 6 stimuli. There were 4 trials for each stimulus type at each list length. For each sequence length, the 4 trials for the word and non-word stimuli were presented before proceeding to the next sequence length. The participants were asked to repeat each

sequence immediately after its auditory presentation by the examiner, the items of each list being presented at the rate of 1 item/second. Responses were recorded on tape and transcribed for later scoring. The total number of correctly recalled items (item score) and in correct serial position (serial order score) was determined separately for the word and nonword list conditions, by pooling over the different sequence lengths. The task instructions were as follows: "I will present you 2 (3, 4, 5, 6) words. You will repeat these words in the same order. If for a certain position, you know that there is a word, but you do not know which one, you say "Forgotten" for that word."

### ***Order of the tasks***

The tasks were administered in two sessions, with the first session including the anamnestic interviews and Raven's matrices. In the second session the two categorical speech perception tasks were administered, with the b-d continuum first, followed by the word and nonword list repetition tasks, and finally the tasks measuring receptive vocabulary knowledge and reading age, the latter tasks being the least subject to fatigue effects. For the categorical speech perception task: b-d continuum, the non-speech condition was presented first, followed by the speech and then the modulated speech conditions in order to avoid any speech-based acoustic decisions based on prior knowledge.

### ***Statistical analyses***

Besides standard, frequentist mixed Analysis of variances (ANOVA), we conducted Bayesian ANOVAs to allow for a direct test of the null hypothesis. Bayesian methods allow us to estimate the evidence both *against* and *for* the null hypothesis to be quantified, whereas classical inference methods can only provide evidence against, but not for, the null hypothesis (Dienes, 2014). Bayesian analyses were conducted

using the JASP statistical package (Wagenmakers et al., 2018), using default values for prior distribution parameters. We used the decision criteria proposed by Lee & Wagenmakers (2014), considering a Bayes Factor (BF) < 3 as anecdotal evidence, between three and 10 as moderate evidence, between 10 and 30 as strong evidence, between 30 and 100 as very strong evidence, and > 100 as decisive evidence for a given model relative to another model or the null model.  $BF_{10}$  values reflect evidence in favor of the effect of interest, and  $BF_{01}$  reflect evidence for the null effect.

### 3. RESULTS

#### *Categorical speech perception task: d-t continuum*

For the d-t continuum a mixed ANOVA on  $d'$  scores was conducted as a function of group (AS-NoSOD, AS-SOD and controls) and stimulus pairs (AB, BC, CD, DE, EF, FG, GH). We observed a main effect of stimulus pairs,  $F(3.7, 224.34) = 178.87$ ,  $MSE = .46$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .75$ . The main effect of group was not significant,  $F(2, 60) = 1.14$ ,  $MSE = .35$ ,  $p = .33$ ,  $\eta^2 p = .04$ ; the same was also true for the group by stimulus pair interaction,  $F(7.5, 224.3) = .72$ ,  $MSE = .46$ ,  $p = .66$ ,  $\eta^2 p = .02$ . Planned comparisons indicated that the stimulus pair corresponding to the theoretical perceptual boundary (pair DE) was more often judged to be different than other pairs (see Table 2 and Fig.1). These results are supported by a Bayesian ANOVA showing strong evidence for the inclusion of the stimulus pair effect ( $BF_{inclusion} +\infty$ ).  $BF_{inclusion}$  for group effect was close to zero (.06). A direct test of the null hypothesis for the group effect yielded strong evidence for the absence of a group effect, with  $BF_{01} = 21.13$ . Similar results were observed when assessing response times. A mixed ANOVA on response times revealed no effect of stimulus pair,  $F(4.51, 271.1) = 0.97$ ,  $MSE = 391158$ ,  $p = .43$ ,  $\eta^2 p = .02$ , no effect of group,  $F(2, 60) = .28$ ,  $MSE = 728501$ ,  $p = .76$ ,  $\eta^2 p = .009$  and no pair-by-group interaction,  $F(9.0, 271.1) = 1.43$ ,  $MSE = 391158$ ,  $p = 0.18$ ,  $\eta^2 p = .04$ .

Bayesian mixed ANOVA confirmed the absence of a group effect, with  $BF_{01}=3.04$ . (See Fig.2). To sum up, the results for this first categorical perception task do not show any evidence for a diminished influence of prior phonemic knowledge on speech perception (no reduced discrimination peak for the stimulus pair of the phonemic category boundary relying most on prior knowledge) or for enhanced bottom-up perceptual abilities (no enhanced discrimination for within-category stimulus pairs). These results were independent of the language history of the participants, AS-SOD and AS-NoSOD groups showing the same pattern of results.

**Table 2.** Planned comparisons for discrimination performance of pairs corresponding to the theoretical categorical boundary and other pairs for ‘d-t’ and the ‘b-d’ continua (with Bonferroni corrections for multiple comparisons).

	<b>F</b>	<b>df</b>	<b>p<sub>Bonferroni</sub></b>	<b><math>\eta^2_p</math></b>
<b>d-t continuum</b>				
DE vs. AB	233.40	1,62	<.01	0.79
DE vs. BC	505.90	1,62	<.01	0.89
DE vs. CD	449.40	1,62	<.01	0.88
DE vs. EF	644.60	1,62	<.01	0.91
DE vs. FG	658.30	1,62	<.01	0.91
DE vs. GH	723.20	1,62	<.01	0.92
<b>b-d continuum</b>				
<b>non-speech</b>				
CD vs. AB	28.43	1,62	<.005	0.31
CD vs. BC	3.67	1,62	0.24	0.06
CD vs. DE	28.97	1,62	<.005	0.32
CD vs. EF	26.00	1,62	<.005	0.30

**speech**

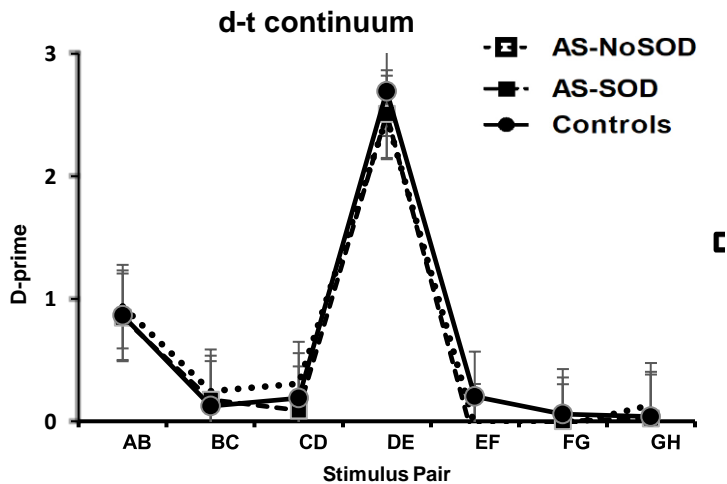
CD vs. AB	40.94	1,62	<.005	0.40
CD vs. BC	3.76	1,62	0.23	0.06
CD vs. DE	16.46	1,62	<.005	0.21
CD vs. EF	39.91	1,62	<.005	0.39

**modulated**

**speech**

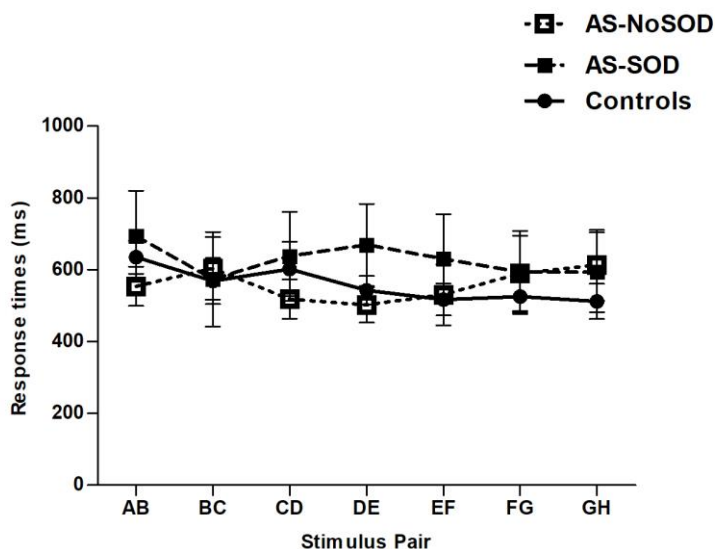
CD vs. AB	119.60	1,62	<.005	0.66
CD vs. BC	55.20	1,62	<.005	0.47
CD vs. DE	107.70	1,62	<.005	0.64
CD vs. EF	112.80	1,62	<.005	0.65

**Fig. 1. Discrimination performance for the d-t continuum as a function of stimulus pair and group. Bars indicate standard errors.**



**Fig. 2. Response times for the d-t continuum as a function of stimulus pair and group. Bars indicate standard errors.**

### d-t continuum

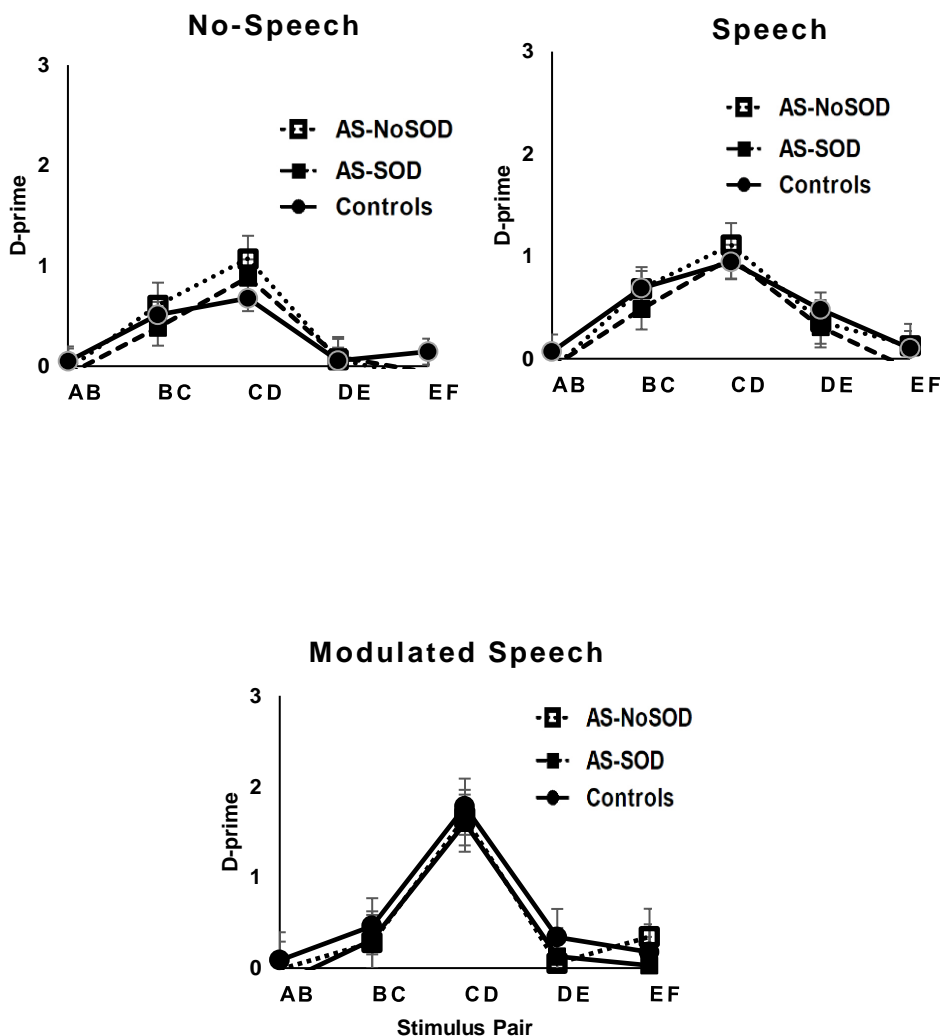


### *Categorical speech perception task: b-d continuum*

For the b-d continuum, a mixed ANOVA was conducted on  $d'$  scores, with the group factor (AS-NoSOD, AS-SOD and controls) as a between-subject variable, and stimulus pairs (AB, BC, CD, DE, EF) as well as conditions (non-speech, speech, modulated speech) as within-subject variables. We observed a main effect of stimulus pairs,  $F(2.1, 125.8) = 44.99$ ,  $MSE = 1.78$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .43$  and a main effect of conditions,  $F(1.8, 108.4) = 6.23$ ,  $MSE = .47$ ,  $p = .003$ ,  $\eta^2 p = .09$ , further characterized by a condition-by-stimulus pair interaction,  $F(5.35, 321.2) = 8.67$ ,  $MSE = .48$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .13$ . The highest  $d'$  scores were observed for the stimulus pair corresponding to the

perceptual boundary (pair CD) relative to all other pairs. Planned comparisons indicated that this effect was most pronounced in the modulated speech condition (see Table 2). No other effects were significant at  $p < .05$ : group effect,  $F(2,60) = .78$ ,  $MSE = 1.56$ ,  $p = .47$ ,  $\eta^2 p = .02$ , condition-by-group interaction,  $F(3.61,108.4) = .48$ ,  $MSE = .47$ ,  $p = .74$ ,  $\eta^2 p = .01$ , pair-by-group interaction,  $F(4.19,125.8) = .29$ ,  $MSE = 1.78$ ,  $p = .89$ ,  $\eta^2 p = .009$ , and condition-by-pair-by-group interaction,  $F(10.7,321.2) = .66$ ,  $MSE = .48$ ,  $p = .77$ ,  $\eta^2 p = .02$ . In sum, the three groups showed the expected categorical perception behaviour and its interaction with the speech versus non-speech conditions (See Fig. 3). The absence of a group effect was further confirmed by running the same analysis using a Bayesian mixed ANOVA. An analysis of specific effects showed very strong evidence for the inclusion of the condition ( $BF_{inclusion} = 995572.72$ ) and stimulus pair ( $BF_{inclusion} = 3.22e+15$ ) effects as well as for the condition-by-stimulus pair ( $BF_{inclusion} = 733428.43$ ) interaction.  $BF_{inclusion}$  for the group effect was close to zero (.028). A direct test of the null hypothesis for the group effect yielded strong evidence for the absence of a group effect, with  $BF_{01} = 16.91$ .

**Fig. 3. Discrimination performance for the b-d continuum as a function of stimulus pair, task condition, and group. Bars indicate standard errors.**

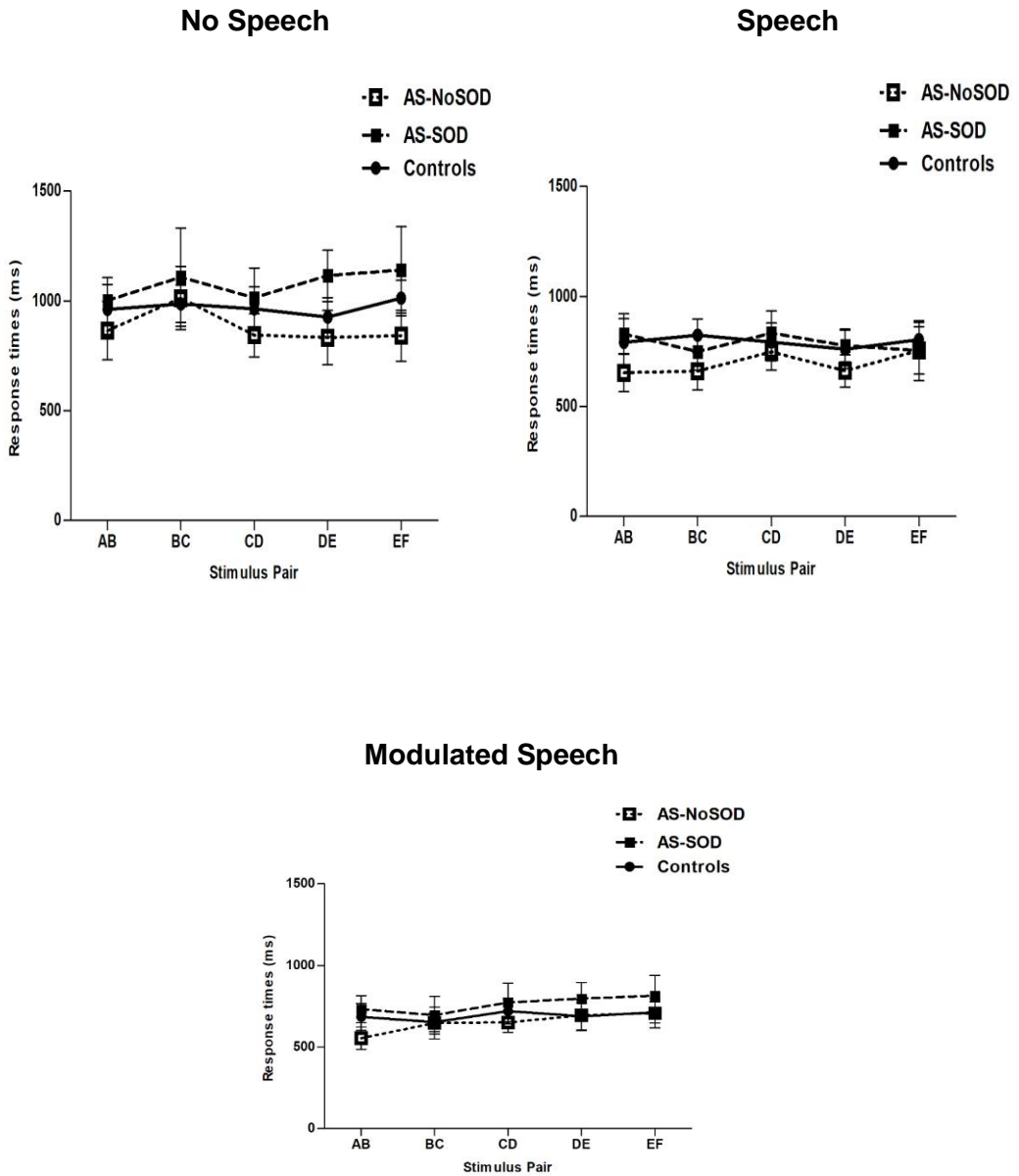


We also conducted the same set of analyses on response times. A mixed ANOVA indicated a main effect of condition, with particularly slowed responses for the non-speech condition,  $F(1.5, 89.11) = 27.52$ ,  $MSE = 283983$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .32$ . No other effects were significant at  $p < .05$ : group effect,  $F(2, 59) = .55$ ,  $MSE = 1961552$ ,  $p = .58$ ,  $\eta^2$



$p = .02$ , condition-by-group interaction,  $F(3.0, 89.1) = .53$ ,  $MSE = 283983$ ,  $p = .71$ ,  $\eta^2 p = .02$ , pair-by-group interaction,  $F(6.5, 191.8) = .48$ ,  $MSE = 68200$ ,  $p = .84$ ,  $\eta^2 p = .02$ , and condition-by-pair-by-group interaction,  $F(11.4, 335.7) = .76$ ,  $MSE = 70461$ ,  $p = .68$ ,  $\eta^2 p = .02$ . The absence of a group effect was again tested by a Bayesian mixed ANOVA. An analysis of Bayesian specific effects showed very strong evidence for the inclusion of the condition effect ( $BF_{inclusion} = 3.22e+15$ ).  $BF_{inclusion}$  for group effect was close to zero (.102). A direct test of the null hypothesis for the group effect yielded moderate evidence for the absence of a group effect, with  $BF_{01} = 4.13$  (See Fig. 4).

**Fig. 4. Response times for the b-d continuum as a function of stimulus pair, task condition and group. Bars indicate standard errors.**



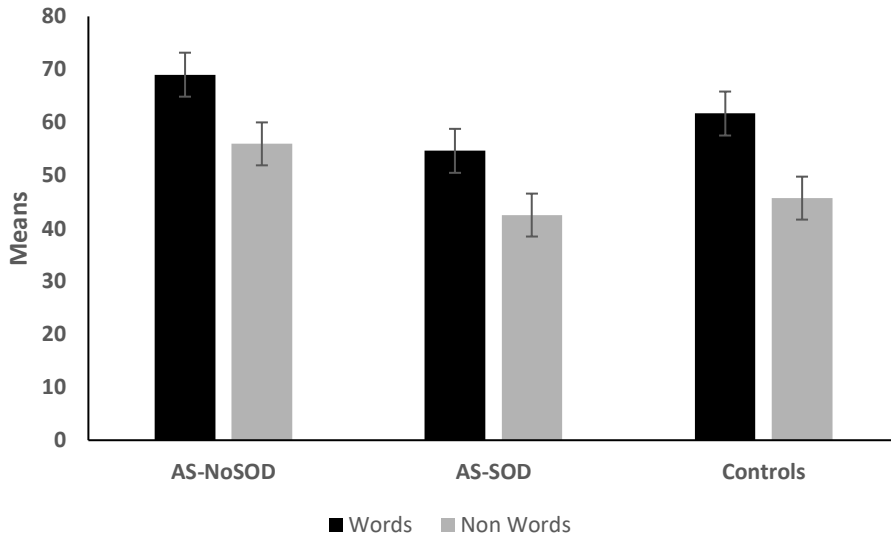
To sum up, the results for this second categorical perception task replicated those of the first task, by showing no evidence for a diminished influence of prior phonemic knowledge on speech perception (no reduced discrimination peak for the stimulus pair of the phonemic category boundary relying most on prior knowledge) or for enhanced bottom-up perceptual abilities (no enhanced discrimination for within-category stimulus pairs, no enhanced performance for the non-speech condition). These results were independent of the language history of the participants, AS-SOD and AS-NoSOD groups showing the same pattern of results.

### ***Immediate serial recall tasks***

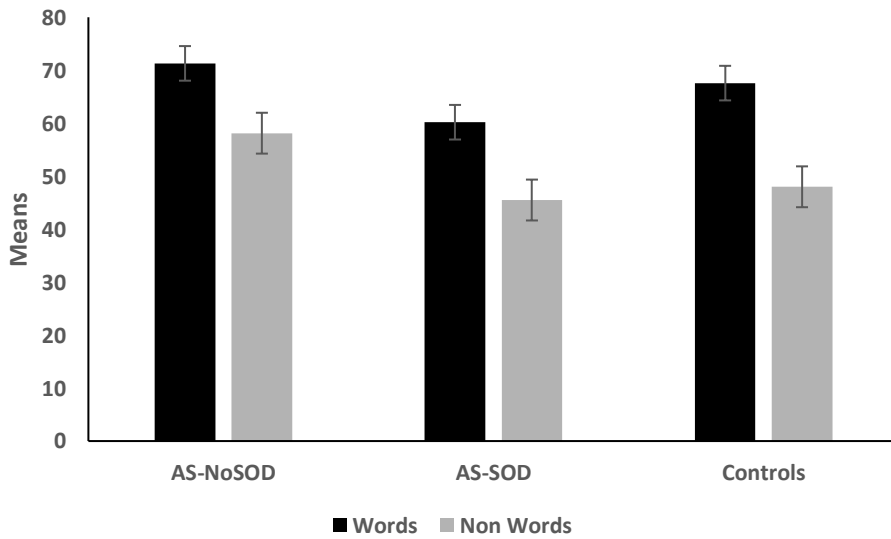
Finally, we assessed performance on the word and nonword immediate serial recall tasks, as a function of group. A mixed ANOVA with the between-subjects factor 'group' and the within-subjects factor 'lexicality on the number of items recalled in correct serial position, we observed a robust effect of group,  $F(2,60) = 9.10$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .23$  as well as an effect of lexicality,  $F(1,60) = 232.82$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 p = .79$ . The interaction was not significant,  $F(2,60) = 1.96$ ,  $p = .15$ ,  $\eta^2 p = .01$ . As shown in Figure 5, word lists led to significantly higher recall performance than nonword lists in all three groups. Independent pairwise t-tests indicated that the AS-NoSOD group significantly outperformed the AS-SOD group in the word ( $p_{\text{Bonferroni}} < .01$ ) and nonword ( $p_{\text{Bonferroni}} < .05$ ) conditions as well as the control group in the nonword ( $p_{\text{Bonferroni}} < .05$ ) condition; the control group and the AS-SOD group did not significantly differ for any condition (after Bonferroni corrections for multiple comparisons). The results were confirmed by a Bayesian mixed ANOVA analysis, showing strong evidence for the inclusion of the lexicality effect ( $BF_{\text{inclusion}} + \infty$ ) and the group effect ( $BF_{\text{inclusion}} = 62.13$ ).  $BF_{\text{inclusion}}$  for the interaction was associated with anecdotal evidence ( $BF_{\text{inclusion}} = 2.26$ ). Next, we checked the extent to which these differences are associated with the superior language abilities in the AS-NoSOD

group, by conducting a series of ANCOVA analyses with the receptive vocabulary scores (EVIP) as a covariate. The group effect became non-significant when adding EVIP as a covariate for both the word ( $F(2,59) = 2.12, p = .13, \eta^2 p = .05$ ) and the nonword ( $F(2,59) = 2.88, p = .06, \eta^2 p = .08$ ) conditions. This was also confirmed by a Bayesian ANCOVA analysis, with anecdotal evidence for a group effect for word ( $BF_{inclusion} = 0.776$ ) and nonword ( $BF_{inclusion} = 1.60$ ) conditions after introducing the EVIP as a covariate. In sum, the results show that the AS-NoSOD group presents superior performance for verbal immediate serial recall relative to both AS-SOD and control groups, but this superiority is the reflection of the superior verbal abilities in the AS-NoSOD group, as estimated by the EVIP receptive vocabulary measure. This finding is not surprising given that the AS-NoSOD group included participants that had presented normal language development leading to higher adult language abilities as compared to the AS-SOD group. Given the absence of group differences in the categorical speech perception tasks, this finding of superior verbal working memory and language abilities is unlikely to have biased the results of the speech perception tasks.

**Fig. 5. Serial recall performance in the immediate serial recall task as a function of stimulus condition and group. Bars indicate standard errors.**



**Fig. 6. Recall performance in the immediate serial recall task as a function of stimulus condition and group. Bars indicate standard errors.**



## 4. DISCUSSION

The purpose of this study was to investigate the hypothesis of an altered influence of prior knowledge and of increased bottom-up processing in auditory-verbal perceptual tasks in adult verbal autistic people. We furthermore distinguished autism with and without speech onset delay by assuming that perceptual specificities may be most marked in autistic participants with speech onset delay. We did not observe any reduced influence of prior knowledge on a categorical speech perception task, both groups showing discrimination peaks of similar size as the control group for between-category stimulus pairs which are most influenced by phoneme category knowledge. Furthermore, we did not observe any increased bottom-up perceptual processing, both groups showing the same level of discrimination as controls for within-category stimulus pairs and for stimuli in a non-speech condition.

The results of the present study provide robust evidence for normal range processing in categorical speech perception tasks in adult, verbal participants with autism. Although some previous studies already showed typical discrimination performance in categorical speech perception tasks in both children and adults with autism (White et al., 2006; Constantino et al., 2007; Stewart et al., 2017), the present results show that these results are not due to the specific language histories of autistic participants as identical results were observed for autistic groups with and without speech onset delay. Furthermore, our results show that these results are not specific to speech-level processing as typical discrimination performance was observed for the auditory stimuli used in this study, whether task instructions emphasized or de-emphasized speech-level processing of the stimuli. Critically, our study also controlled for reading abilities and we were able to match the autistic and

control groups on reading performance. A previous study that showed some subtle evidence for a reduced influence of prior knowledge on speech perception did not control for reading ability and hence the potentially poorer reading abilities of the autistic children in that study may have led to the less precise phoneme identification behavior that was observed (You et al., 2017). Reading ability is an important factor to control when studying categorical speech perception since reading experience will increase the precision of categorical phonemic representations (McBride-Chang, 1996; Morais, Bertelson, Cary, & Alegria, 1986; Serniclaes, 2006).

The present results allow to constrain the different theoretical accounts that have been proposed to explain the specific perceptual behaviors observed in the AS. At the level of Bayesian accounts, several theories have been proposed. A first theory considers that prior knowledge is reduced or less precise, resulting in a weaker impact of prior knowledge on performance in perceptual tasks (Pellicano & Burr, 2012). In perceptual categorization tasks, this would imply that knowledge about phonological categories should be reduced, leading to smaller discrimination peaks at phonemic category boundaries. The present results are not in favor of this account, at least as regards the perception of speech stimuli, as the autistic participants showed a similar phonemic category boundary suggesting a normal influence of phonological knowledge associated with the different phoneme categories that were tested here. A second theory considers that bottom-up perceptual information is encoded with increased or aberrant precision (Brock, 2012; Lawson, Rees, & Friston, 2014). In the present case, this would translate in overall higher discrimination performance particularly for within-category stimulus pairs and for stimulus pairs when presented as non-speech stimuli. Our results, showing no increased discrimination performance for within-category phonemic variants nor for stimuli when presented as non-speech stimuli, do not support this second account either. We should note here that in other domains, including the visual domain for which the first Bayesian accounts were proposed, evidence in favor

of these two accounts is highly contradictory (e.g., Pell et al., 2016; Van der Hallen, Lemmens, Steyaert, Noens, & Wagemans, 2017). A third account considers that prior knowledge once acquired will normally influence performance in perceptual task, but if the structure of perceptual information changes, people with autism have difficulties in accurately updating prior knowledge with the new perceptual regularities (Van de Cruys et al., 2014). This account cannot be tested by the present study as this would require an experiment involving the learning of new phonological categorical information, this information being close or more distant from the participants' existing phonemic categories. Future studies should investigate the ability of people with autism to learn new phonemic categories in the same way as experiments with visual information have done (e.g., Sapey-Triomphe, Sonié, Hénaff, Mattout, & Schmitz, 2018).

A final, non-Bayesian account, the enhanced perceptual model (Mottron et al., 2006), considers that perception in autism is characterized both by enhanced bottom-up perceptual processing and by a non-mandatory use of prior knowledge. This account implies that people with autism can use prior knowledge in perceptual tasks but only when it facilitates task performance. This account is partially supported by the present results as categorical phonemic knowledge is essential for efficient speech perception given the extreme natural acoustic variation of phonemic realizations caused by prosodic, emotional and dialectal characteristics of the speaker or by environmental noise. Hence, when processing speech stimuli, the optimal processing strategy will be a top-down, categorical processing strategy; exact, bottom-up processing of the extremely variable speech signal would lead to perceptual overloading and inefficient identification of speech. However, the assumption of increased bottom-up perceptual processing of the enhanced perceptual model is not supported by the results of the present study, at least as regards the perception of speech stimuli.



One possible conclusion here is that perceptual peaks in autism could characterize the processing of visual information rather than auditory information, or occur in the auditory domain only for simple acoustic stimuli (e.g., Lepistö et al., 2009; Teder-Sälejärvi et al., 2005). It could however also be the case that these perceptual peaks, when observed, are partly an artefact that stems from the type of tasks used to match autistic and control groups: These tasks often rely on verbal intelligence estimates which can lead to an underestimation of intellectual efficiency in other domains (Dawson, Soulières, Gernsbacher, & Mottron, 2007; Soulières, Dawson, Gernsbacher, & Mottron, 2011). The importance of the use of proper matching variables is shown in the present study by the AS-SOD vs. AS-NoSOD distinction: Verbal abilities were specifically reduced or superior while non-verbal intellectual abilities were the same in our two autistic groups. More generally, other studies have shown that some visual perceptual peaks (but not all; see Barbeau, Soulières, Dawson, Zeffiro, & Mottron, 2013) disappear when autistic and control groups are matched on non-verbal intelligence measures such as Raven's matrices (Dawson, Soulières, Gernsbacher, & Mottron, 2007).

We would also like to acknowledge some limitations of this study. The present study only investigated perception in the auditory-verbal domain for a task requiring explicit categorization responses and we do not know whether our participants would have presented perceptual peaks in tasks focusing on the immediate stages of speech perception (such as online monitoring of brain activity during stimulus presentation) rather than on post-stimulus comparison and judgment processes. Furthermore, we tested a restricted set of linguistic stimuli by examining only two consonant continua. We should however note here that the consonant continua that were tested are those that elicit the strongest categorical responses in non-autistic adults and hence were optimally suited for testing the influence of prior phonemic categorical knowledge on speech perception (Kuhl et al., 2008). Also, studies using other types of continua observed similar results as those

reported here (White et al., 2006; Constantino et al., 2007; Stewart et al., 2017; You et al., 2017). A final limitation of the study is that ADI-R scores for slightly more than half of participants were obtained on an *a posteriori* basis and the precision of responses to the ADI-R could be somewhat diminished due to memory effects. At the same time, we should note that for all participants, the autistic status had in addition been confirmed by a formal diagnosis from a medical expert specialized in autism disorders.

## 1. CONCLUSION

The results of this study indicate that autistic adults, with or without speech delay, and with average non-verbal intellectual efficiency and reading abilities, do not exhibit atypical perception of speech and complex non-speech stimuli in a categorization task. The influence of prior phonemic knowledge and the bottom-up processing of perceptual information are in the normal range, contrasting with hypo-prior and increased perceptual precision Bayesian accounts of autistic perception. Future studies need to determine whether these results are specific to the perception of complex auditory-verbal information as opposed to visual information. The ability to flexibly update prior phonemic knowledge when exposed to novel phonemic information also needs to be explored.

### **Acknowledgements**

We thank the participants for the time they devoted to this study.





**Preservation of Categorical Perception for Speech in  
Autism with and without speech onset delay**

Chiodo, L., Marrai, E., Vrancken, G., Mottron, L., & Majerus, S.

---

**Abstract**

Several accounts of autistic perception hypothesize atypical perceptual behavior across different domains in the autism spectrum (AS). A recent study in adult participants with AS however showed typical perceptual abilities for the perception of speech and non-speech complex auditory stimuli. The purpose of this study was to examine whether these null results were driven by the adult age of the participants or whether they reflect a more general characteristic of auditory perception in AS and can also be observed in children with AS. We administered to seven children aged 6-to-12-years and with a formal diagnosis of AS speech and non-speech perceptual tasks. Relative to control groups matched for age and reading abilities, the AS children showed no consistent signs of increased or decreased perceptual abilities, for either speech or non-speech stimuli. These results support recent accounts of autistic perception that consider that perceptual peaks are neither domain-general nor a universal characteristic of AS.

## 1. INTRODUCTION

Peaks in perceptual abilities have often been considered as a hallmark feature of cognition in people presenting with autism spectrum (AS) disorder [Mottron et al., 2018]. These peaks have been proposed to characterize perceptual abilities across domains, such as the visual and auditory processing domains. However, in a recent study assessing perceptual abilities for speech and complex non-speech, we found no evidence for enhanced auditory perceptual abilities in a sample of adults with AS disorder. The aim of this study is to determine whether these results reflect a more general tendency in AS or whether they are the result of the adult age of the AS participants. Perceptual peaks for complex speech stimuli may disappear in adults with AS given that speech perception relies on the probabilistic integration of different informative acoustic cues rather than on the identification of single acoustic cues (Kuhl et al., 1981). Initial perceptual peaks may not be identifiable anymore for these stimuli in adult participants given that after extensive exposure to speech, they have learnt to identify only the informative acoustic cues and to ignore non-informative acoustic features, as is also the case in typical adults (Delahaie et al., 2004). In this study, we administered the same set of speech and non-speech perceptual tasks to a sample of children with AS in order to determine whether perceptual peaks for this type of complex auditory stimuli may nevertheless characterize children with AS.

Overall, many early studies of perceptual processing in autism have suggested the existence of perceptual peaks, that is, an enhanced ability to perceive specific visual or auditory features, in both children and adults with ASD. In the visual modality, examples of perceptual peaks are illustrated by an increased ability to process complex visuo-spatial information or by an increased reliance on perceptual features in nonverbal reasoning tasks [Gliga et al., 2015; Caron et al., 2006; Soulières et al., 2009]. In the auditory modality, these peaks are illustrated by higher abilities

in both children and adults with AS disorder to discriminate and categorize the pitch of simple and complex sinusoidal sounds as compared to non-autistic controls [Heaton, Davis, & Happé, 2008; Bonnel et al., 2003; Jones et al., 2009]. An increased proportion of autistic individuals also show absolute pitch processing [Lepistö et al., 2009; Teder-Sälejärvi, Pierce, Courchesne, & Hillyard, 2005].

However, in a recent study investigating perceptual abilities for speech and complex non-speech sounds in categorical perception tasks, no evidence for enhanced perceptual abilities was observed in a sample of adults with a history of ASD (Chiodo, Mottron, & Majerus, 2019). In this study, the authors used the properties of categorical speech perception paradigms to assess both acoustic and phonological levels of perception for auditory stimuli. Native language sounds are generally perceived in a categorical manner based on prior phonological knowledge. A difference between two speech sounds is only perceived if knowledge about the acoustic characteristics of speech sounds allows to categorize the two speech sounds as belonging to two different phonemic categories (e.g., /b/ vs. /p/); intra-categorical acoustic variations (e.g., different acoustic variations close to the prototypical, i.e., the most frequently encountered—acoustic properties of the phoneme /b/) tend not to be perceived in discrimination tasks showing that prior categorical phonemic knowledge exerts a strong top-down effect on the perception of speech stimuli [Kuhl et al., 2008; Liberman, Harris, Hoffman, & Griffith, 1957]. Discrimination curves for these tasks are generally characterized by a sharp peak in discrimination performance for phoneme pairs involving between-category acoustic variations, and by a flat line before and after the peak reflecting chance-level discrimination for pairs characterized by intra-category acoustic variations. In other words, the discrimination peak reflects the intervention of phonological knowledge about the informative acoustic features that allow to distinguish two different phonemes while the flat line reflects the inability of our perceptual system to identify non-informative acoustic variations of the same phoneme. If participants with AS present

enhanced perceptual abilities, then we should expect heightened perceptual abilities particularly for intra-category acoustic variations which, in typical individuals, lead to random-level discriminatory behavior. Chiodo et al. (2019) did not observe any enhanced perceptual abilities in a sample of 33 adults with ASD relative to a control group matched on age, intellectual efficiency and reading ability. They also presented acoustically matched complex auditory stimuli matched with the speech stimuli in a task presented as a non-speech discrimination task, and yet, no difference in perceptual behavior was observed between the ASD and control participants.

It could be argued that these results may have been specific to the situation of an adult sample of participants with ASD. As already mentioned, performance in categorical perception is typically driven by top-down phonological knowledge, and this knowledge is progressively learnt and sharpened as a result of language exposure and development. Hence, even if participants with ASD may show at a young age perceptual peaks in this type of task, these peaks may not be visible anymore when the task is administered at an adult age as individuals with ASD, like typically developing individuals, are continuously exposed to language stimuli and will increase their phonological knowledge. Currently, studies having examined auditory perceptual abilities, and more precisely categorical speech perception abilities, in children with ASD are relatively rare.

It has been shown that children with autism can have increased abilities to distinguish the intensity of simple and complex sinus sounds (Heaton, Davis, & Happé, 2008) Other studies using electrophysiological methods indicate that children with ASD have difficulties in discriminating phonological features. Also, the mismatch negativity (MMN), an event-related potential (ERP) component elicited automatically by deviant stimuli, has been found to be weaker in children with ASD than in control children for auditory-verbal stimuli (vowel contrasts: Ceponiene et



al., 2003; Kujala et al., 2010; Lepistö et al., 2005, 2006, 2008; consonant contrasts: Jansson-Verkasalo et al., 2003; Kuhl, Coffey-Corina, Padden, & Dawson, 2005; Kujala et al., 2010). At the same time, these findings may have been the result of the underlying language impairment that can characterize children with ASD. As regards more specifically categorical speech perception tasks, You et al. (2017) observed lower categorical precision in this population (assessed by a phoneme identification task), but a similar categorical perception (assessed by a discrimination task) to typically developing children. These studies however did not control for reading abilities, a factor which is known to moderate performance on speech identification and discrimination tasks. In sum, some studies appear to suggest increased perceptual abilities in children with ASD for relatively simple acoustic stimuli while studies having investigated perception for more complex sounds such as speech stimuli either observed no increased perceptual abilities at the acoustic level and sometimes decreased discrimination behavior at the phonological level (Flagg et al., 2005).

The aim of the present study was to use the categorical speech perception paradigm in order to study in a systematic manner both acoustic and phonological aspects of speech perception in seven children with ASD aged 6-to-12-years, by using exactly the same paradigm administered to an adult sample with ASD in our previous study. The first task assessed categorical perception abilities for a /d/-/t/ continuum. Participants were presented with two between-category or within-category exemplars of the continuum and they had to decide whether the two sounds are identical or not. If phonological knowledge is reduced or used less efficiently in ASD, then we should expect a diminished discrimination peak for between-category stimulus pairs; if bottom-up perceptual processing is enhanced or more precise in ASD, then we should expect generally increased discrimination performance irrespectively of between-category or within-category stimulus pairs. The second task directly contrasted three different perceptual conditions: a non-speech

condition, a speech condition, and a modulated speech condition. In the non-speech condition, the sine-waves resulted from a pure sine-wave synthesis method, using an amplitude-weighted sum of sinusoids (Serniclaes et al, 2001; Majerus, 2011). These sounds are typically perceived as whistles when not explicitly presented as being potential language sounds. If acoustic processing is enhanced in ASD, then we should observe increased discrimination performance as compared to typically developing children who generally show poor discrimination in this non-linguistic condition. In the speech condition, the stimuli were the same, but they were now presented as language sounds, favoring categorical perception of the stimuli along the 'b' – 'd' continuum. Thus, categorical perception is expected for this speech condition although the stimuli are identical to those presented in the non-speech condition; if phonological categories are less precise or less used in ASD, then lower discrimination peaks as compared to controls may be observed. In the modulated speech condition, the sounds were created following the same procedure as for the other conditions but with additional low-frequency amplitude modulation making them sound more like natural speech stimuli. Maximal categorical perception is expected for this continuum in typically developing children. Finally, as in our previous study, we also administered a word list and a non-word list repetition task was also presented in order to control for the influence of verbal short-term retention abilities on categorical speech perception tasks which require two auditory stimuli to be maintained for a short duration. Critically, as in our previous study, the autistic and control groups were matched at the level of reading age given that reading experience is known to have an effect on auditory-verbal perceptual tasks such as categorical speech perception tasks. Furthermore, the individual performance profile of each child was to a subsample of the control group more closely matched at the level of age.

## 2. METHODS

### 2.1. PARTICIPANTS

Seven children diagnosed with Autism Spectrum Disorder (ASD) (7 Males (M)) by the Autism Resource Center in Liège (CRAL), and twenty-four children (12 Females (F), 12 Males (M)) were recruited for this study. All participants were native French speakers and aged between 6 and 12 years of age (see Table 1). For all ASD participants, a semi-structured interview using the Autism Diagnostic Interview-revised (ADI – R) (Lord, Rutter, & Le Couteur, 1994) and the Autism Diagnostic Observation Scale (Lord et al., 1989) was performed in order to confirm the ASD diagnosis to the ASD and control groups were matched for age, reading level (Lefavrais, 1965), and non-verbal intellectual efficiency (Raven's standard progressive matrices; (Raven, 1998). The ASD children were recruited from autism resource center Liège. Most control participants were recruited from the same schools as those attended by ASD children. The two groups did not differ at the level of age, Non-verbal intelligence (Raven's matrices), reading level and performance IQ (Wechsler Adult Intelligence Scale –IV (WAIS-IV) (Wechsler, 2011). As expected (Samson, Zeffiro, Doyon, Benali, & Mottron, 2015; Dawson, Soulieres, Gernsbacher, & Mottron, 2007), there were significant between-group differences for verbal IQ and full scale IQ, receptive vocabulary (Échelle de vocabulaire en images Peabody - EVIP) (Dunn, Theriault-Whalen, & Dunn, 1993) and level of education. Given the small number of ASD subjects, we presented the data for the 7 subjects individually (see Table 2). We presented the Z score for each subject variable. The transformation of a raw score into a Z score (or standard score) is the equivalent of its distance to the average expressed in standard deviation (see Table 4).

**Table 1. Characteristics of TSA Groups and Controls**

	TSA N=7	Controls N=24	TSA/Controls <i>p</i> -values
<b>Age</b>	8.71	8.37	.6
<b>(SD)</b>	(1.7)	(1.38)	
<b>Color Progressive Matrices of Raven</b>	31.14	28.75	.12
<b>(SD)</b>	(2.79)	(3.640)	
<b>Reading level<sup>a</sup> :</b>	148	119.46	.31
<b>(SD)</b>	(75.11)	(61.89)	
<b>QIT</b>	108.71	112.5	.52
<b>(SD)</b>	(12.84)	(12.85)	
<b>Similitudes</b>	10.33	13.19	.09
<b>(SD)</b>	(0.58)	(2.71)	
<b>Séqu. Chiffres-Lettres</b>	7.67	9.94	.15
<b>(SD)</b>	(3.21)	(2.3)	
<b>Matrices</b>	12.67	11.62	.63
<b>(SD)</b>	(1.15)	(3.57)	
<b>Symboles</b>	9.33	11.5	.07
<b>(SD)</b>	(1.53)	(1.83)	
<b>EVIP</b>	107.71	111.12	.7
<b>(SD)</b>	(32.95)	(16.02)	
<b>ADI-R score :</b>			
<b>Social</b>	11.14		
<b>(SD)</b>	(6.91)		
<b>Communication</b>	8		
<b>(SD)</b>	(3.83)		
<b>Interests</b>	3.86		
<b>(SD)</b>	(1.46)		

---

<b>Anomalies</b>	0.86		
<b>(SD)</b>	(1.46)		
<b>Age production first words (SD)</b>	1.86	1.58	0.35
	(1.03)	(0.54)	

---

SD standard deviation, EVIP échelle de vocabulaire en image Peabody. \*Score combining total reading time and errors

\*p < 0.05 for pairwise t test corrected for multiple comparisons, for all variables

**Table 2. Individual characteristics of 7 TSA**

	ASD	ASD	ASD	ASD	ASD	ASD	ASD
	105	107	108	110	112	117	103
<b>Gender</b>	M	M	M	M	M	M	M
<b>Age</b>	9	9	7	7	12	8	9
<b>Raven</b>	32	33	26	29	34	33	31
<b>Alouette<sup>a</sup></b>	219	126	90	54	250	95	202
<b>QIT</b>	124	102	102	120	120	104	89
<b>Similitudes</b>		11	10			10	
<b>Séqu. Chiffres- Lettres</b>		4	9			10	
<b>Matrices</b>		12	14			12	
<b>Symboles</b>		11	8			9	
<b>EVIP</b>	138	125	49	101	137	81	123
<b>ADI-R score :</b>							
<b>Social</b>	9	7	2	11	15	10	24
	4	6	5	11	12	5	13
<b>Communication</b>							
<b>Interests</b>	0	1	1	0	0	0	4
<b>Anomalies</b>							
<b>Age production first words</b>	1	1,5	2	1	2	1,5	4

*Note<sup>a</sup>*: Score combining total reading time and errors. RCPM, Raven's Colored Progressive Matrices; EVIP, French version of Peabody Picture Vocabulary Test

## Tasks

### Categorical perception: d-t continuum – Material

All sounds of this continuum were sine-wave analogues with pitch modulation, making them immediately appear as speech sounds (Majerus, 2011; Medina, Hoonhorst, Bogliotti, and Serniclaes, 2010). There were 8 stimuli (A, B, C, D, E, F, G, H) ranging from / doe / (A) to / toe / (H). Voice-onset time varied from -70ms to +70ms, with incremental steps of 20ms. The stable frequencies of the 1st, 2nd and 3rd formants were 493Hz, 1485 Hz and 2500Hz, respectively. Onset frequencies of 1st, 2nd and 3rd formant transitions were 300 Hz, 2000 Hz and 3100 Hz, respectively (the sound stimuli can be accessed at [https://osf.io/t47xw/?view\\_only=7bb4e8bb99114caa89e8e9b800ffbe54](https://osf.io/t47xw/?view_only=7bb4e8bb99114caa89e8e9b800ffbe54)). The total duration of the sounds varied between 210 ms (A) and 280 ms (H).

Procedure. Adjacent stimulus pairs AB, BC, CD, DE, EF, FG and GH and corresponding identical pairs AA, BB, CC, DD, EE, FF, GG and HH were presented for discrimination. For each condition, each different pair was presented 4 times in both directions (AB or BA) with an equivalent number of presentations for identical pairs resulting in 88 trials. The stimulus pairs were selected in random order within each continuum, and presented via high quality headphones at the rate of 1 stimulus every 2500 ms via E-Prime 2.0 software running on a PC compatible mobile computer. Stimuli were output at a comfortable listening level. The task instructions were: “You will hear two syllables. The syllables are ‘deu’ or ‘teu’. If you hear twice the same syllable, ‘deu–deu’ or ‘teu–teu’, you press the green button. If the syllables are different, such as ‘deu’– ‘teu’ or ‘teu’– ‘deu’, you press the red button. Are you ready?” The participants responded by pushing a button marked with a green sticker for ‘same’ responses, and a button marked with a red sticker for ‘different’ responses. The participants had to respond within 6000 ms. The task started with 8 practice trials.

For each condition and for each stimulus pair, we computed  $d'$  scores to take into account response bias (Macmillan and Creelman, 1991).

### **Categorical perception: b-d continuum – Material**

This continuum assessed perception and discrimination for both linguistic and non-linguistic stimuli. The continuum contained six acoustic variations (A, B, C, D, E and F), varying from /ba/ to /da/, and were taken from Serniclaes et al, 2001; Majerus, 2011. The variants differed exclusively at the level formant transitions, by modulating the initial frequency transition of the 2nd and 3rd sine-waves of each sound, corresponding to the 2nd (F2) and 3rd (F3) formant transitions in natural speech. The onset frequency of the second sine-wave varied between 700Hz (/ba/ endpoint) / and 2075 Hz (/da/ endpoint), in 5 equal steps of 275Hz. The onset frequency of the 3rd sine-wave varied from 1500 Hz to 3875 Hz in 5 equal steps of 475 Hz. The end frequencies of the 2nd and 3rd sine-wave transitions were set at 1300Hz and 2500Hz, respectively. The initial frequency of the first sine-wave (F1) was set to 100Hz, and its end frequency was 750Hz (the sound stimuli can be accessed at [https://osf.io/t47xw/?view\\_only=7bb4e8bb99114caa89e8e9b800ffbe54](https://osf.io/t47xw/?view_only=7bb4e8bb99114caa89e8e9b800ffbe54) ). The total duration of each sound was 230 ms. As noted before, the stimuli were presented under three conditions: a non-speech / whistling condition, a speech condition, and a modulated speech condition. In the non-speech condition, the sine-waves resulted from a pure sine-wave synthesis method using an amplitude-weighted sum of sinusoids (Serniclaes, Sprenger-Charolles, Carré, and Démonet, 2001). In the speech condition, the stimuli were the same, but they were presented as language sounds, favoring categorical perception of the stimuli. In the modulated speech condition, the sounds were created following the same procedure as for the other conditions, but with additional low-frequency amplitude modulation at the F0 frequency (constant at 100Hz), giving the sounds the equivalent of voice pitch and making sound more like natural speech stimuli. The non-speech condition was presented



first in order to favor a non-linguistic acoustic processing strategy, followed by the speech and the modulated speech conditions. Procedure. Adjacent stimulus pairs AB, BC, CD, DE and EF and corresponding identical pairs AA, BB, CC, DD, EE and FF were presented for discrimination. For each condition, the number of presentations of stimulus pairs followed the same procedure as for the previous task, resulting in 64 trials per condition. For the non-speech continuum, the task instructions were the following: "You will hear two sounds. When the two sounds are identical, you push the green button; when they are different, you push the red button. Are you ready? Here we go." For the speech continuum, the task instructions were adapted in order to present the same sounds as potential speech sounds: "This time, you will hear two-word sounds, 'ba' and 'da'. If you hear twice the same word, 'ba-ba' or 'da-da', you press the green button. If the words are different, such as 'ba'- 'da' or 'da'- 'ba', you press the red button. Are you ready?" For the modulated speech continuum, the instructions were the following: "You will now hear the same words pronounced by a different voice. As before, if you hear twice the same words, 'ba-ba' or 'da-da', you press the green button. If the words are different, you press the red button. Are you ready?" As for the first task,  $d'$  scores were computed, and this separately for each presentation condition (non-speech, speech, modulated speech). The participants had to respond within 6000 ms. The task started with 4 practice trials.

### **Immediate serial recall task of word and nonword lists – Material**

A list of 84 consonant-vowel-consonant (CVC) words and a second list of 84 CVC non-words were created. The phonotactic frequency of CV and VC biphones of non-words was matched to those of words on the basis of a French phonetic database (Tubach and Boe, 1990) (Majerus, 2011, 2013). The stimuli were presented in lists ranging from 2 to 6 items, with four lists per length. Procedure -The word (verbs, nouns, adjectives) and non-word stimuli were regrouped in sequences of increasing length for immediate serial recall; the shortest sequence contained 2 stimuli and the

longest sequence contained 6 stimuli. There were 4 trials for each stimulus type at each list length. For each sequence length, the 4 trials for the word and non-word stimuli were presented before proceeding to the next sequence length. The participants were asked to repeat each sequence immediately after its auditory presentation by the examiner, the items of each list being presented at the rate of 1 item/second. Responses were recorded on tape and transcribed for later scoring. The total number of correctly recalled items (item score) and in correct serial position (serial order score) was determined separately for the word and nonword list conditions, by pooling over the different sequence lengths. The task instructions were as follows: "I will present you 2 (3, 4, 5, 6) words. You will repeat these words in the same order. If for a certain position, you know that there is a word, but you do not know which one, you say "Forgotten" for that word."

### **Order of the tasks**

The tasks were administered in two sessions, with the first session including the anamnestic interviews and Raven's matrices. In the second session the two categorical speech perception tasks were administered, with the b-d continuum first, followed by the word and nonword list repetition tasks, and finally the tasks measuring receptive vocabulary knowledge and reading age, the latter tasks being the least subject to fatigue effects. For the categorical speech perception task: b-d continuum, the non-speech condition was presented first, followed by the speech and then the modulated speech conditions in order to avoid any speech-based acoustic decisions based on prior knowledge.

### Statistical analyses

Along frequentist mixed Analyses of variances (ANOVA), we also conducted Bayesian ANOVAs. The Bayesian analytic approach estimate the evidence both against and for the null hypothesis, whereas classical inferential methods only provide evidence against, but not for, the null hypothesis (Dienes, 2014). Bayesian analyses were conducted using the JASP statistical package (Wagenmakers et al, 2017), using default values for prior distribution parameters. We used the decision criterions proposed by Lee and Wagenmakers (2014), considering a Bayes Factor (BF) < 3 as anecdotal evidence, between three and 10 as moderate evidence, between 10 and 30 as strong evidence, between 30 and 100 as very strong evidence, and > 100 as decisive evidence for a given model relative to another model or the null model.  $BF_{10}$  values reflect evidence in favor of the effect of interest, and  $BF_{01}$  reflect evidence for the null effect. We furthermore conducted an analysis of individual profiles by comparing each ASD child to a subsample of the control group more closely matched at the level of chronological age to the specific age of each child. For this purpose, we divided the control group in two subgroups, one group including children aged 6 to 8 years and another group including children aged 9 to 12 years. For each ASD child, performance was transformed in Z-scores based on the respective control group performance.

## 3. RESULTS

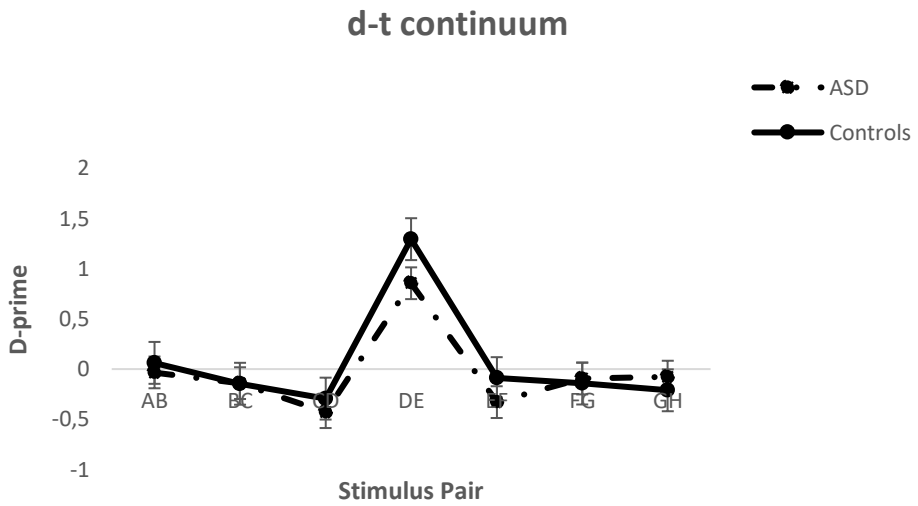
For the d-t continuum a mixed ANOVA on  $d'$  scores was conducted as a function of group (ASD vs. controls) and stimulus pair (AB, BC, CD, DE, EF, FG, GH). We observed a main effect of stimulus pair,  $F(6,174) = 17.08$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2p = 0.37$ . The main effect of group was not significant,  $F(1,29) = 1.37$ ,  $p = .25$ ,  $\eta^2p = .04$ ; the same was also true for the group by stimulus pair interaction,  $F(6,174) = 0.34$ ,  $p = .92$ ,  $\eta^2p = .01$ .

Planned comparisons indicated that the stimulus pair corresponding to the theoretical perceptual boundary (pair DE) was more often judged to be different than other pairs (see Table 3 and Fig.1). The violin studs show the distribution of individual performances (see Fig.2). These results are supported by a Bayesian ANOVA showing strong evidence for the inclusion of the stimulus pair effect ( $BF_{inclusion} 1.001e+15$ ).  $BF_{inclusion}$  for group effect was close to zero (.266). A direct test of the null hypothesis for the group effect yielded moderate evidence for the absence of a group effect, with  $BF_{01}=3.766$ . To sum up, the results for this first categorical perception task do not show any evidence for a diminished influence of prior phonemic knowledge on speech perception (no reduced discrimination peak for the stimulus pair of the phonemic category boundary relying most on prior knowledge) or for enhanced bottom-up perceptual abilities (no enhanced discrimination for within-category stimulus pairs).

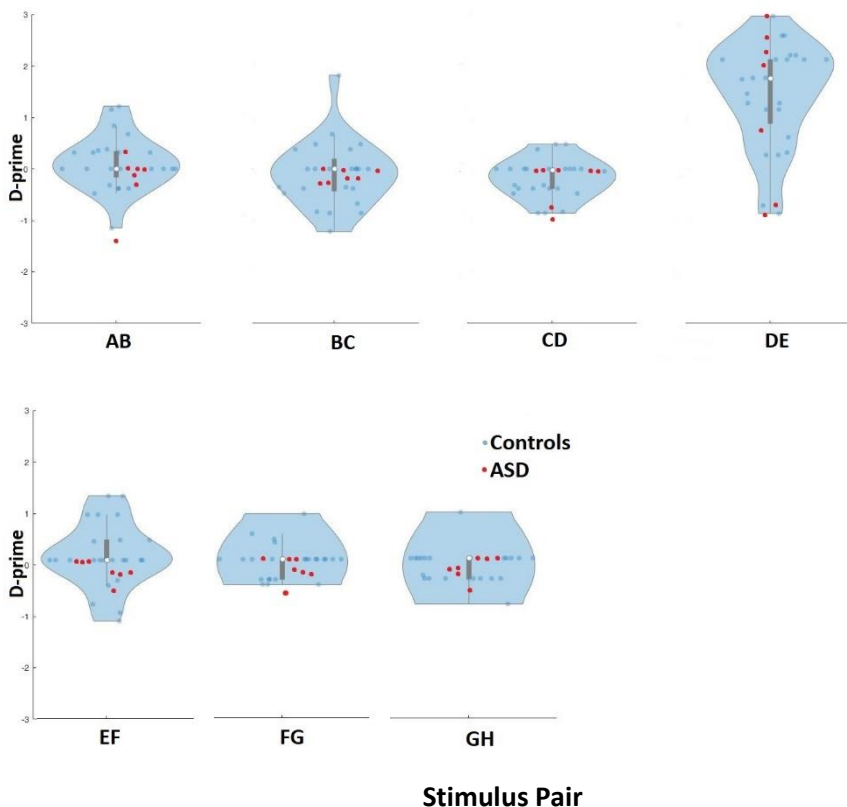
**Table 3.** Planned comparisons for discrimination performance of pairs corresponding to the theoretical categorical boundary and other pairs for 'd-t' and the 'b-d' continua (with Bonferroni corrections for multiple comparisons).

	<b>F</b>	<b>df</b>	<b>p<sub>Bonferroni</sub></b>	<b>η<sup>2</sup><sub>p</sub></b>
<b>d-t continuum</b>				
DE vs. AB	0.31	1,29	<.001	0.21
DE vs. BC	0.58	1,29	<.001	0.28
DE vs. CD	0.55	1,29	<.001	0.35
DE vs. EF	0.3	1,29	<.001	0.29
DE vs. FG	0.01	1,29	<.001	0.25
DE vs. GH	0.41	1,29	<.001	0.25
<b>b-d continuum</b>				
<b>non-speech</b>				
CD vs. AB	2.57	1,29	0.12	0.02
CD vs. BC	2.39	1,29	0.002	0.08
CD vs. DE	0.04	1,29	0.17	0.01
CD vs. EF	0.53	1,29	0.03	0.04
<b>speech</b>				
CD vs. AB	5.75	1,29	0.22	0.01
CD vs. BC	0.55	1,29	0.01	0.05
CD vs. DE	3.3	1,29	0.48	0.004
CD vs. EF	2.21	1,29	0.95	0
<b>modulated</b>				
<b>speech</b>				
CD vs. AB	1.92	1,29	<.001	0.31
CD vs. BC	0.16	1,29	0.002	0.08
CD vs. DE	2.32	1,29	<.001	0.17
CD vs. EF	0.77	1,29	<.001	0.15

**Fig. 1. Discrimination performance for the d-t continuum as a function of stimulus pair and group. Bars indicate standard errors.**



**Fig. 2. Violin plots of control group discrimination performance, with additional plotting of ASD participant's individual scores for the d-t continuum as a function of stimulus pair.**



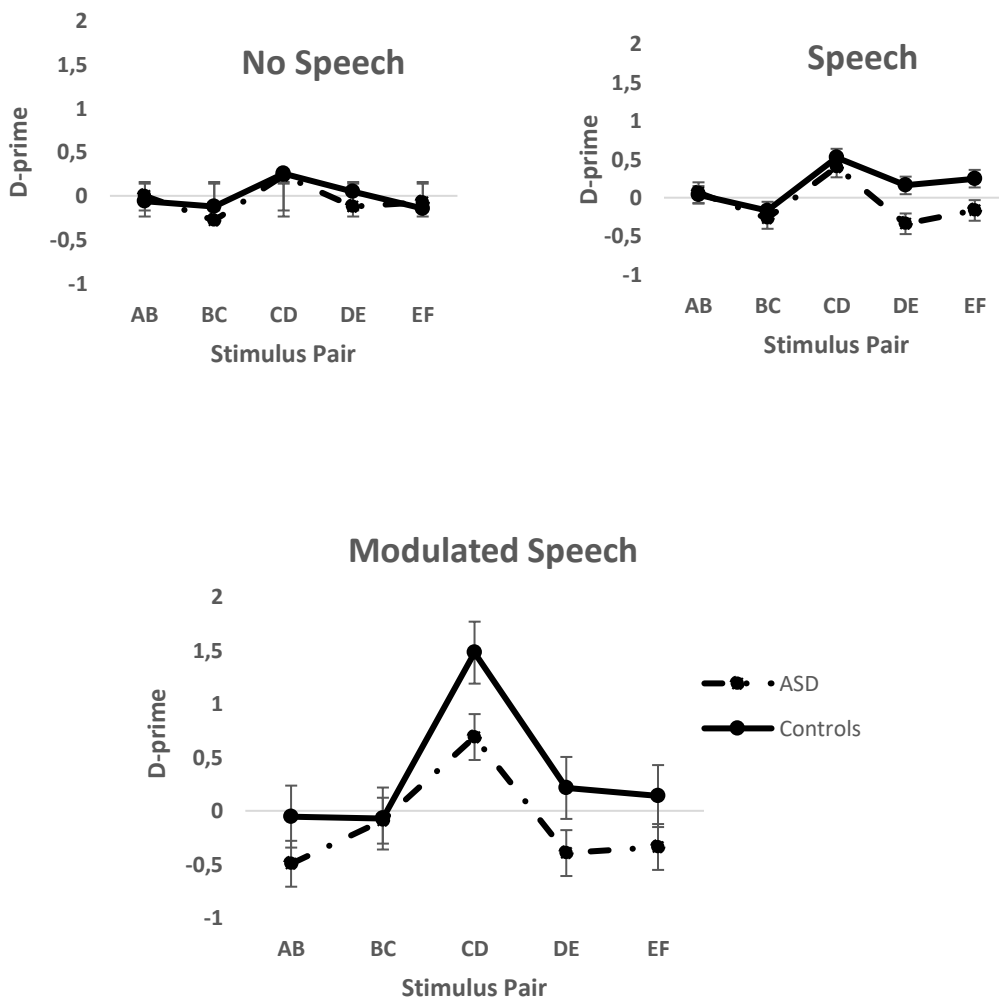
**Categorical speech perception task: b-d continuum**

For the b-d continuum, a mixed ANOVA was conducted on  $d'$  scores, with the group factor (TSA and controls) as a between-subject variable, and stimulus pair (AB, BC, CD, DE, EF) as well as task condition (non-speech, speech, modulated speech) as within-subject variables. We observed a main effect of stimulus pair,  $F(4,116) =$

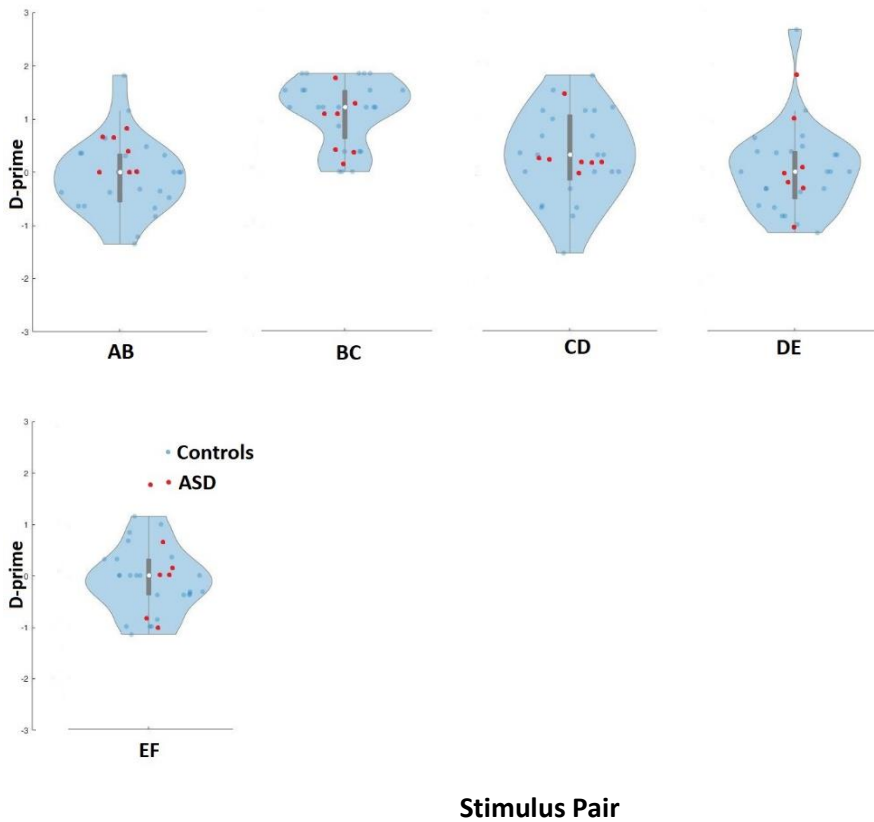
12.22,  $p < .001$ ;  $\eta^2p = .29$ , a significant condition-by-stimulus pair interaction,  $F(8,232)=3.9$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2p = .12$ , a main effect of condition,  $F(2,58) = 3.41$ ,  $p = .04$ ,  $\eta^2p = .11$ , and no solid group effect  $F(1,29)=5.22$ ,  $p = .03$ ,  $\eta^2p = .15$ , significant results were observed for the condition-by-group interaction,  $F(2,58)=4.45$ ,  $p = .02$ ,  $\eta^2p = .13$ , no effect of pair-by-group interaction,  $F(4,116)=0.15$ ,  $p = .96$ ,  $\eta^2p = .005$ , and no effect of condition-by-pair-by-group interaction,  $F(8,232)=.84$ ,  $p = .6$ ,  $\eta^2p = .03$ . (See Fig.3, Fig.4, Fig.5 and Fig.6) The highest  $d'$  scores were observed for the stimulus pair corresponding to the perceptual boundary (pair CD) relative to all other pairs. Planned comparisons indicated that this effect was most pronounced in the modulated speech condition (see Figures 2, 3 and 4). A Bayesian analysis of specific effects supported these conclusions, by showing very strong evidence for the inclusion of the condition ( $BF_{inclusion}=19639.640$ ) and stimulus pair ( $BF_{inclusion}=\infty$ ) effects as well as for the condition-by-stimulus pair ( $BF_{inclusion}=101625.296$ ) interaction.  $BF_{inclusion}$  for the group effect was 0.698. A direct test of the null hypothesis for the group effect provided anecdotal evidence supporting the null effect, with  $BF_{01}=1.433$ .



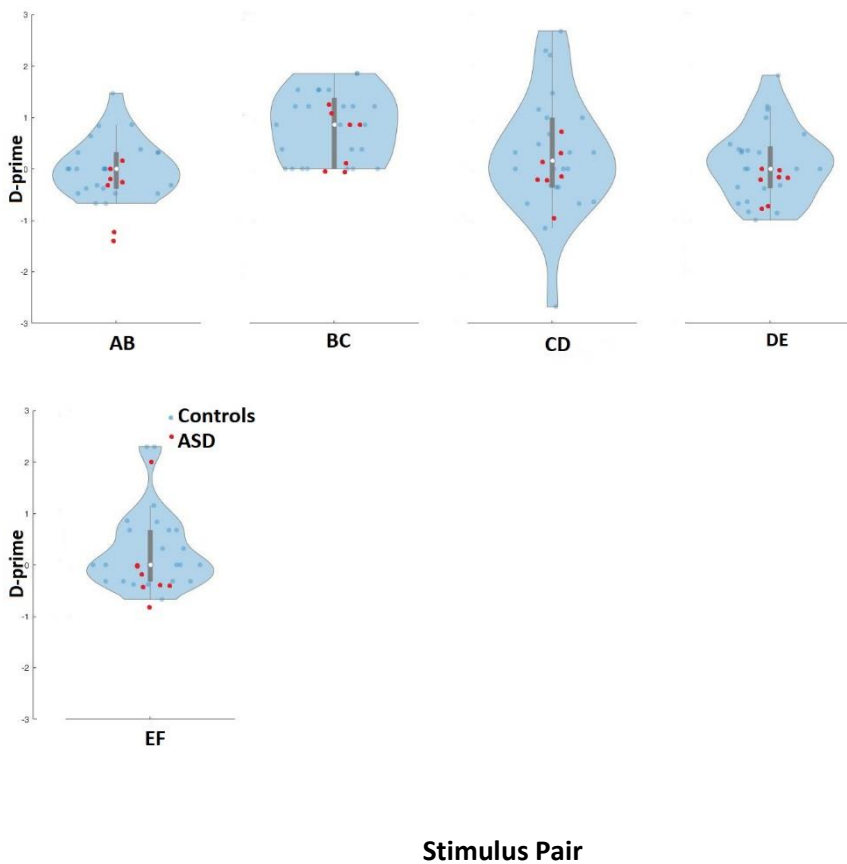
**Fig. 3. Discrimination performance for the b-d continuum as a function of stimulus pair, task condition, and group. Bars indicate standard errors.**



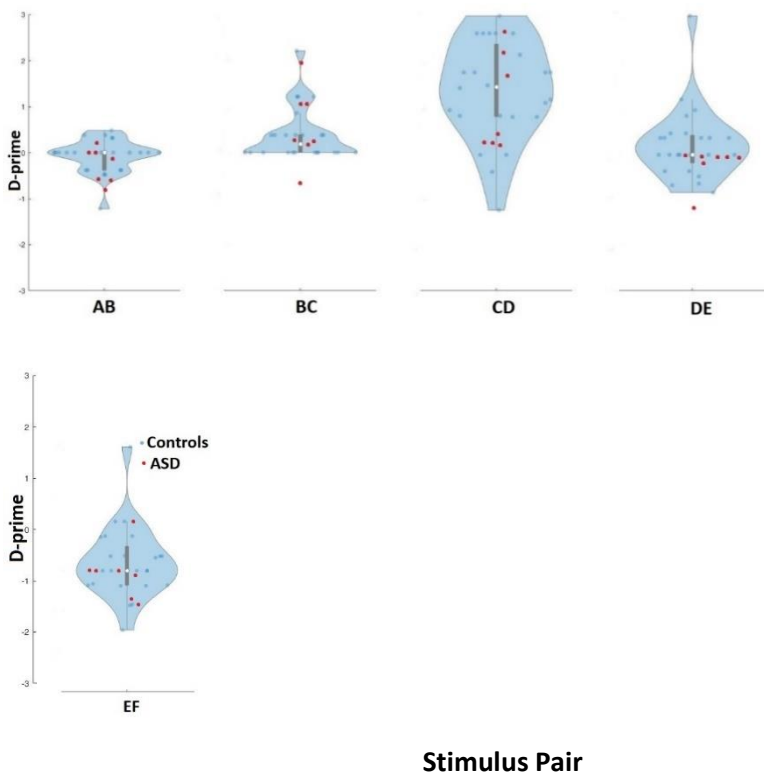
**Fig. 4. Violin plots of control group performance, with additional plotting of ASD participant's individual scores for the non-speech discrimination condition as a function of stimulus pair.**



**Fig. 5. Violin plots of control group performance, with additional plotting of ASD participant's individual scores for the speech discrimination condition as a function of stimulus pair.**



**Fig. 6. Violin plots of control group performance, with additional plotting of ASD participant's individual scores for the modulated speech discrimination condition as a function of stimulus pair.**



### Assessment of individual profiles

Individual level performance for the speech and non-speech perception tasks are given in Table 4. ASD participants 107 and 108 presented no atypical scores for any continuum and condition. For the five remaining participants, sporadic atypical performance was observed and was mainly characterized by diminished (12 instances) rather than increased discrimination performance (4 instances).

**Table 4. Individual profiles (Z-scores) on the speech and non-speech discrimination tasks for the ASD participants.**

	ASD 105	ASD 107	ASD 108	ASD 110	ASD 112	ASD 117	ASD 103
<b>d-t</b>							
<b>continuum</b>							
AB	1,16	-0,37	-0,17	-0,71	1,16	<b>-2,45*</b>	-0,37
BC	-0,74	-0,08	0,40	-0,19	-0,08	-0,49	--0,52
CD	-1,87	0,38	0,57	<b>-2,99*</b>	0,38	0,57	0,38
DE	0,07	0,42	1,42	<b>-2,42*</b>	1,19	-0,69	<b>-2,60*</b>
EF	-0,07	-0,07	-0,26	-0,90	0,43	-1,98	-0,55
FG	0,34	0,34	0,02	-0,87	-1,40	-1,17	<b>4,15*</b>
GH	0,89	0,89	0,16	<b>4,65*</b>	-0,49	-1,01	<b>-2,23*</b>
<b>b-d</b>							
<b>continuum</b>							
<b>non-speech</b>							
AB	0,20	1,55	0,07	1,04	1,21	0,07	1,55
BC	-1,86	-1,86	-1,23	0,83	<b>-3,46*</b>	0,41	<b>-3,67*</b>
CD	0,50	0,50	1,20	-0,35	0,04	-0,35	0,45
DE	1,58	0,79	0,07	0,70	-0,45	-0,86	-1,47
EF	<b>3,01*</b>	-0,05	1,63	0,33	0,48	-1,41	-1 ,69

<b>speech</b>							
AB	<b>-3,52*</b>	0,08	-0,94	-0,69	-0,77	<b>-2,55*</b>	0,83
BC	-1,27	-1,27	-0,61	0,07	0,04	0,58	0,24
CD	-0,51	-0,19	-0,90	-0,76	-1,08	0,03	0,23
DE	<b>-2,34*</b>	-0,77	-0,31	-0,93	-1,36	-0,26	-0,77
EF	1,20	-0,59	-1,11	-1,92	-1,22	-1,84	-1,56
<b>modulated speech</b>							
AB	1,18	0,30	0,09	-1,95	-0,57	<b>-2,66*</b>	-1,17
BC	0,98	0,02	0,70	<b>2,25*</b>	-0,74	-0,05	<b>-2,39*</b>
CD	0,97	-1,43	0,28	-1,25	0,57	-0,98	-1,83
DE	-0,28	-0,28	-0,34	-0,92	-0,28	-0,34	-1,70
EF	1,16	-0,37	-0,43	0,95	1,16	-1,31	-0,37

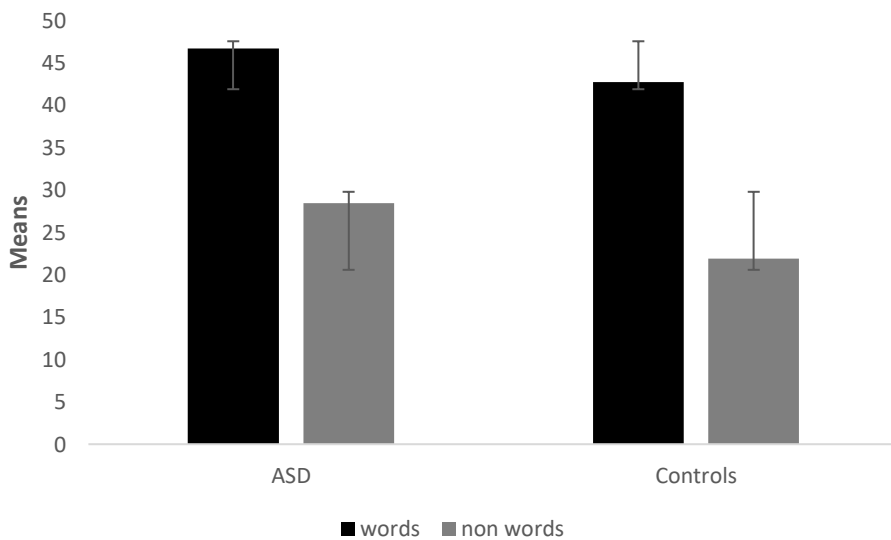
Atypically increased Z-values (> 2) and decreased Z-values (< 2) are indicated in green and red font, respectively.

#### Immediate serial recall tasks

Finally, we assessed performance on the word and nonword immediate serial recall tasks, as a function of group (see Fig. 7). A mixed ANOVA with the between-subjects factor 'group' and the within-subjects factor 'lexicity' (words versus nonwords) on the number of items recalled in correct serial position, showed a non-significant group effect,  $F(1,29) = 2.29$ ,  $p=.14$ ,  $\eta^2p = .07$ , but a highly significant effect of lexicity,  $F(1,29) = 66.97$ ,  $p<.001$ ,  $\eta^2p = .7$ . The interaction was not significant,  $F(1,29) = .27$ ,  $p=.6$ ,  $\eta^2p = .01$ . As shown in Figure 5, word lists led to significantly higher recall performance than nonword lists in two groups. The results were confirmed by a Bayesian mixed ANOVA analysis, showing strong evidence for the inclusion of the lexicity effect ( $BF_{inclusion}=3.365e+10$ ). The group effect and the interaction were

associated with evidence rather favoring the null effect ( $BF_{inclusion} = 0.842$  and  $0.855$ , respectively).

**Fig. 7. Serial recall performance in the immediate serial recall task as a function of stimulus condition and group. Bars indicate standard errors.**



### Assessment of individual profiles

Individual level performance the word and nonword immediate serial recall tasks are given in Table 5. All ASD participants presented no atypical scores for the word and nonword immediate serial recall tasks. For the ASD participants 112, atypical performance was observed mainly characterized by increased discrimination performance (2 instances) (see Table 5). We presented the Z score for each subject variable (see Table 6).

**Table 5. Performance for the word and nonword immediate serial recall tasks of 7 TSA**

	ASD	ASD	ASD	ASD	ASD	ASD	ASD
	105	107	108	110	112	117	103
<b>Word serial</b>	54	35	47	47	62	30	52
<b>Nonword serial</b>	34	13	26	26	51	16	33

**Table 6. Individual profiles (Z-scores) the word and nonword immediate serial recall tasks for the ASD participants.**

	ASD	ASD	ASD	ASD	ASD	ASD	ASD
	105	107	108	110	112	117	103
<b>Word serial</b>	0,90	-1,78	1	1	2,03	-1,01	0,62
<b>Nonword serial</b>	1,10	-0,78	0,49	0,49	2,63	-0,75	1,01

Atypically increased Z-values (> 2) are indicated in green.



## 4. DISCUSSION

In this study, we assessed perceptual abilities for linguistic and non-linguistic auditory stimuli in children with ASD using the categorical speech perception paradigm. Compared to a control group of children matched for age and reading ability, the ASD group showed no sign of increased or decreased auditory perceptual abilities. The AS group showed the expected discrimination peaks for between-category stimuli when linguistic stimuli were presented, and chance-level discrimination performance when the stimuli were presented as non-linguistic stimuli or when they were variants of the same phonemic category. When performing an analysis of individual profiles, we also did not find evidence for increased discrimination performance; discrimination performance was sporadically at a lower level as compared to controls, as situation which could however be related to attentional fluctuations.

These results replicate those observed in a previous study in adults with an AS condition (Chiodo et al., 2019). The result of typical perceptual discrimination behavior for speech and non-speech stimuli observed in that study cannot be attributed merely to the fact that an adult group of AS participants was studied. Our results are also in agreement with two other studies showing typical categorical perception in children with ASD (White et al., 2006, Constantino et al., 2007). A study by You et al. (2017) observed reduced categorical precision in ASD children when using a phoneme identification task, but typical categorical perception performance when a discrimination task as compared to typically developing children. It is important to note here that the latter study did not control for reading abilities which are known to moderate speech recognition and discrimination performance. Reading ability is an important factor to control when studying categorical speech perception since reading experience will increase the precision of categorical phonemic representations [McBride-Chang, 1996; Morais, Bertelson, Cary, &

Alegria, 1986; Serniclaes, 2006]. Our results suggest that, when controlling for reading delay, both children and adults with ASD show typical representation and processing of linguistic stimuli, at both acoustic and phonological levels; this is also true for non-speech stimuli when matched for acoustic complexity.

This finding however does not preclude the possibility that for other types of auditory stimuli, perception may be atypical. Indeed, studies showing increased perceptual performance in the auditory domain used stimuli. Bonnel et al. (2003) tested the ability to discriminate and categorize pure sounds of different frequencies in adults with autism. The authors observed slightly increased discrimination of sound frequencies in their sample of participants with autism. This kind of perceptual superiority for simple sound stimuli has also been observed in other studies (Bonnel et al., 2010, 2008, O'Riordan & Passeti, 2006, Ferri et al., 2003). Heaton & al. (2003, 2005, 2008).

A Bayesian account of atypical perception in AS considers a reduced impact of prior knowledge on performance in perceptual tasks (Pellicano & Burr, 2012). Our results are not in favor of this account. The fact that our group of AS children showed the expected discrimination peaks for between-category stimuli indicates that they used prior knowledge about the acoustic properties of phonemes in the same way as control children. Normal influence of prior knowledge on language tasks is also supported by the finding of preserved performance for the repetition of word and nonword lists in the present group of AS children. AS children indeed showed the expected advantage of word versus nonword recall (Hulme et al., 1991; Majerus & Van der Linden, 2003), indicating that lexico-semantic knowledge, even if not explicitly required by an immediate serial recall task, normally influenced recall performance. It should however be noted here that other studies observed overall impaired performance in word or nonword list recall performance in children with AS (Samson et al., 2006; Williams, Payne, & Marshall, 2013).

A variant of the Bayesian account considers that bottom-up perceptual information is coded with increased precision (Brock 2012, Lawson, Rees and Friston 2014). This account would predict overall increased discrimination performance, particularly for intra-category stimulus pairs and non-linguistic stimulus pairs. Our results clearly do not support this prediction either, at least not for complex acoustic stimuli such as speech sounds and acoustic complexity-matched non-speech sounds.

### **Limit of the study**

A first important limitation of this study is its reduced sample size, urging us to remain cautious about the results. At the same time, it should be noted that performance in the ASD and control groups was very similar, with strongly overlapping discrimination curves making it unlikely that group differences would appear with larger samples. This is also supported by an analysis of individual performance profiles which do not indicate reliable differences in performance between the ASD participants and the respective control groups. Also, we were not able to distinguish between AS children who present or not with language delay. Indeed, performance on linguistic perceptual tasks may differ, depending on whether children show associated language impairment or not. For this study, we had 6 children without language delay and 1 with delayed language. For the 103 participant with delayed language, atypical performance was observed and was mainly characterized by diminished (4 instances) rather than increased discrimination performance (1 instance).

## **5. CONCLUSIONS**

The results of this study indicate that ASD do not exhibit atypically increased or decreased perceptual abilities for speech sounds and acoustically matched non speech sounds, as compared to control children matched for reading ability.

### **Acknowledgements**

We thank the participants for the time they devoted to this study.





*Discussion*  
*Générale*





# *Discussion générale*

---

L'objectif principal de cette thèse de doctorat a été de mieux comprendre les spécificités perceptuelles et les intérêts spécifiques dans le SA en adoptant une distinction trop rarement utilisée : celle entre SA avec et sans retard du langage. Selon la théorie du surfonctionnement perceptif dans l'autisme, des spécificités perceptuelles pourraient être observées dans le SA avec retard de langage (Mottron & Burack, 2001 ; Mottron, et al., 2009 ; Mottron, et al., 2006). De même, nous postulons que le groupe SA avec retard du langage pourrait développer des intérêts spécifiques caractérisés plutôt par leurs propriétés physiques et de surface que par leurs aspects conceptuels et thématiques.

Nous allons d'abord synthétiser les résultats obtenus dans nos 4 études. Nous discuterons ensuite des implications de nos résultats, en nous interrogeant sur la pertinence de la distinction entre SA avec et sans retard du langage pour la compréhension du fonctionnement perceptif et des intérêts spécifiques dans l'autisme. Nous finirons par une discussion des implications de nos résultats pour la prise en charge et les apprentissages dans le SA.

## **1. Synthèse des résultats**

**Notre première étude** a exploré la question de savoir si le retard de langage, ou inversement, la maîtrise précoce du langage, oriente la nature et la description verbale des intérêts spécifiques des adultes avec SA. Nous avons comparé les intérêts spécifiques d'un groupe d'adultes SA avec retard de langage (N=20) et d'un

groupe SA ne présentant pas de retard de langage (N=20), ainsi que 20 adultes non SA, également avec des intérêts spécifiques, appariés à l'intelligence non verbale à l'aide des Matrices progressives de Raven.

Les réponses des personnes SA à une interview semi-structurée sur leurs intérêts spécifiques ont été analysées en fonction des descripteurs définis à priori selon la nature perceptive / thématique. La fonction et les avantages perçus des intérêts spécifiques ont également été étudiées. Le nombre de mots, les catégories grammaticales et la proportion de descripteurs perceptifs / thématiques ont été calculés et comparés entre les groupes par des analyses de variance.

Les résultats de cette étude indiquaient que les intérêts des personnes avec SA avec ou sans retard de langage étaient très similaires en termes de sujets, d'émotions produites et d'avantages adaptatifs. Toutefois, bien que les domaines d'intérêt puissent être similaires dans les sous-groupes avec SA (par exemples, Harry Potter ou Walt Disney World), le vocabulaire utilisé pour les décrire différait en termes de descripteurs perceptuels : référence aux couleurs, formes (SA avec retard de langage) et référence aux aspects thématiques et conceptuels (système, fonctionnement) ; SA sans retard de langage). Les intérêts ont été considérés comme ayant des effets positifs dans les deux groupes avec SA. Les participants ont décrit leurs intérêts comme étant pertinents pour l'obtention d'un emploi, l'amélioration du développement personnel, la compréhension des relations entre les personnes, ou la prévention de l'ennui, l'augmentation de l'intelligence et le respect des autres.

**Dans la seconde étude**, nous avons étudié les capacités perceptuelles visuelles afin de déterminer si ces capacités sont surdéveloppées de manière générale dans l'autisme ou si le surdéveloppement perceptif est limité au SA avec retard de langage. Nous avons évalué les compétences de perception visuelle chez des adultes

avec SA avec (N=20) ou sans (N=20) retard de langage. L'étude comprenait également 32 participants témoins appariés à l'âge et au QI non verbal.

Nous avons administré trois tâches issues de l'étude de Caron et al. (2006) (1 - Correspondance visuelle ; 2 – Recherche visuelle ; 3 – Mémoire visuelle à long terme). Dans une première tâche, nous avons évalué les **capacités perceptuelles** via une tâche de correspondance visuelle. Cette tâche était basée sur le sous-test de conception de blocs des échelles d'intelligence de Wechsler et manipulait la cohérence perceptive locale et globale des appariements à effectuer. Nous avons observé des performances significativement plus faibles pour la condition locale par rapport à la condition globale pour les groupes SA avec/sans retard de langage et contrôle. Autrement dit, aucun déficit pour la tâche nécessitant la détection de constructions globales n'a été mis en évidence dans les deux groupes SA par rapport aux personnes contrôles. Une deuxième tâche évaluait **l'attention visuelle** via une tâche de recherche visuelle de stimuli visuels locaux versus globaux. Nous avons observé d'une part, des réponses plus précises en condition unique et moins de précisions en condition conjonctive et d'autre part, moins de réponses correctes obtenues par le groupe SA avec retard de langage et ceci en particulier pour la condition la plus difficile (condition conjonctive avec 16 distracteurs). La troisième tâche évaluait la mémoire **visuelle à long terme** pour des stimuli locaux versus globaux. Nous avons observé une reconnaissance plus précise pour les stimuli globaux vs. locaux dans nos trois groupes d'étude. En résumé, la performance typique du SA avec et sans retard de langage dans les tâches nécessitant un traitement global est incompatible avec l'hypothèse de la faible cohérence centrale motivée par le déficit global et ne permet pas de conclure à une différence du traitement de l'information visuelle dans le SA avec vs. sans retard de langage.

**La troisième et quatrième étude** ont examiné les capacités perceptuelles auditives et verbales ainsi que l'influence des connaissances linguistiques sur ces

capacités auprès de personnes adultes (Etude 3) et d'enfants SA (Etude 4). Nous avons également examiné les capacités de rétention auditivo-verbale à court terme en administrant des tâches de répétition de liste de mots et de listes non-mots. Dans l'Etude 3 auprès de personnes adultes SA, nous avons évalué les capacités de discrimination d'abord pour des paires de syllabes se distinguant par des variations acoustiques intra-catégorielles et inter-catégorielles, selon un continuum /d / - /t /. Nous avons observé des capacités de perception catégorielle préservées dans le SA, à la fois pour la discrimination de paires de sons inter-catégorielles et intra-catégorielles. En effet, Les résultats de cette première tâche de perception catégorielle n'ont apporté aucune preuve en faveur d'une diminution de l'influence des connaissances phonémiques antérieures sur la perception de la parole (pas de discrimination améliorée pour les paires de stimuli inter-catégorielles) ni en faveur d'une augmentation des capacités perceptives *bottom-up* (pas de discrimination améliorée pour les paires de stimuli intra-catégorielles). Dans une deuxième tâche de discrimination, les stimuli variaient non seulement selon un continuum (/b/-/d/), mais également selon leur ressemblance à des stimuli langagiers naturels ou non. De nouveau, nos deux groupes SA ne se distinguaient pas des personnes contrôles au niveau de leurs performances de discrimination, même quand les stimuli étaient perçus comme artificiels et qu'un traitement acoustique plutôt que phonologique était induit. Finalement, pour la tâche de répétition de listes de mots et de non-mots évaluant les capacités de rétention à court terme, le groupe SA sans retard de langage a présenté des performances supérieures en rappel de mots et de non-mots par rapport au groupe SA avec retard de langage et au groupe contrôle. Cette supériorité était cependant le reflet des capacités verbales supérieures du groupe SA sans retard de langage par rapport aux deux autres groupes. Dans l'étude 4, explorant les mêmes questions que l'Etude 3 auprès d'enfants avec SA, la même constellation de résultats était observée : les profils de discrimination ne se distinguaient pas entre les groupes SA avec/sans retard langagier et contrôle.

## 2. Implications de la distinction entre autisme avec et sans retard du langage pour l'étude des spécificités perceptuelles dans l'autisme

Nous allons à présent, nous interroger sur la pertinence de la distinction entre SA avec et sans retard du langage pour la compréhension du fonctionnement perceptif visuel, auditif et des intérêts spécifiques dans l'autisme.

Concernant les spécificités perceptuelles visuelles, nous avons émis l'hypothèse que le SA avec retard de langage serait plus performant dans des tâches de perception visuelle que le SA sans retard de langage et ce, en fonction de leur rendement supérieur au sous-test monoblocs de Wechsler (1981) (c'est-à-dire dépassant la ligne de base du QI de  $> 1,5$  écart-type), ce qui suggère une efficacité en pic visuo-spatial (Shah and Frith, 1993). Les groupes (SA avec/retard de langage et contrôles) n'ont montré aucun déficit dans la construction des représentations globales. Les réponses étaient plus précises et plus rapides pour les conditions simples que pour les conditions conjonctives (structure et orientation), ainsi que pour la condition avec le plus petit nombre de distracteurs. La différence entre nos 3 groupes était cependant plus marquée en termes de temps de réaction. Mais cette différence allait dans le sens opposé de nos hypothèses : dans la tâche de correspondance visuelle, le groupe SA avec retard de langage était plus *lent* par rapport au groupe témoin. Par contre, pour la tâche de mémoire visuelle à long terme, les temps de réponse pour le groupe SA avec retard de langage étaient plus *rapides* par rapport au groupe SA sans retard de langage et au groupe témoin, cette fois-ci en conformité avec nos hypothèses, ainsi qu'avec les résultats de l'étude de Barbeau et al. (2013). Au final, l'ensemble des résultats reste néanmoins mitigé, avec seulement quelques résultats partiels en accord avec notre hypothèse initiale, c'est-

à-dire une supériorité ou une facilitation des traitements visuels dans le SA avec vs. sans retard du langage.

Un éclairage possible de ces résultats pourrait provenir de l'étude de Caron et al. (2006) qui ont observé que seulement lorsque la cohérence perceptive est forte (c'est-à-dire lorsque l'information globale est en conflit avec l'information locale) et que l'image n'est pas segmentée, les personnes SA exécutent la tâche mieux que le groupe témoin. En effet, dans notre étude, les images de notre étude étaient segmentées, ce qui pourrait expliquer les résultats spécifiques observés. Par ailleurs, en ce qui concerne les performances de traitement global vs. local, Guy et coll. (2016) indiquent qu'en général, les trajectoires des capacités de traitement pour les éléments visuels locaux versus globaux sont similaires entre les personnes avec SA et les personnes contrôles, de l'enfance à l'adolescence. La similitude des performances suggère que les enfants de 6 ans atteints de SA sont tout à fait capables de traiter les informations globales et locales (Bernardino et al., 2012 ; Koldewyn et al., 2013). Ce constat rejoint les propositions actuelles selon lesquelles la perception visuospatiale du SA n'est pas simplement caractérisée par une supériorité locale ou des déficits globaux (D'Souza et al., 2015). Selon Hayward et coll. (2014), un problème majeur de la recherche actuelle est que la plupart des études diffèrent à bien des égards, par exemple en employant différents groupes de participants, différents stimuli ou différentes demandes de tâches (telle que la différence entre stimuli visuels segmentés vs non-segmentés que nous venons d'évoquer).

Concernant les spécificités perceptuelles auditives, nous nous attendions à observer un traitement davantage acoustique que phonologique dans le SA, et ceci de nouveau surtout dans le groupe SA avec retard du langage. De manière plus précise, nous postulions que pour des tâches de discriminations de paires de syllabes orales, les personnes SA avec retard du langage pourraient présenter des

connaissances phonémiques/phonologiques réduites ou pourraient moins utiliser ces connaissances dans les tâches de discrimination, se traduisant par un pic de discrimination réduit pour les paires incluant des syllabes s'opposant en terme de catégorie phonémique de la consonne initiale (/d/ vs /t/) ; par contre, ils pourraient présenter des capacités de discrimination plus élevées pour des paires de syllabes se distinguant par leur variabilité acoustique plutôt que phonologique (en présentant deux variantes acoustique du même phonème /p/). Comme nous l'avons déjà mentionné, les résultats de nos Études 3 et 4 n'étaient pas conformes à ces hypothèses, aucune différence de performance de discrimination n'étant observée entre les deux groupes SA et les personnes contrôles. D'un côté, ces résultats sont en opposition avec ce qui a été observé dans d'autres études pour des paradigmes similaires (par exemple, You et al. 2017, Serniclaes et al., 2006). D'un autre côté, notre étude a tenu compte d'un biais méthodologique potentiel non contrôlé dans les études récentes. En effet, contrairement à notre étude, les auteurs qui ont observé des performances anormales dans des tâches de perception de la parole utilisaient des groupes témoins qui n'étaient pas directement appariés en performance de lecture (par exemple, You et al. 2017, Serniclaes et al., 2006). Les capacités de lecture sont en effet un facteur important à contrôler lors de l'étude des capacités perceptuelles auditives et verbales car l'apprentissage et l'exercice de la lecture vont aiguïser les catégories phonémiques et conduire à une différenciation plus forte des différents phonèmes entre eux (McBride-Chang, 1996, Morais et al., 1986 ; Serniclaes et al., 2006). De manière plus générale, Mottron et al. (2006), considèrent que la perception dans l'autisme se caractérise à la fois par une perception *bottom-up* améliorée et par une utilisation *top-down* non obligatoire de connaissances. Ceci implique que les personnes atteintes de SA peuvent utiliser leurs connaissances antérieures dans des tâches perceptives, mais seulement quand elles facilitent l'exécution des tâches. En effet, la connaissance phonémique est essentielle pour une perception de la parole efficace étant donné l'extrême variation acoustique naturelle de réalisations phonémiques causées par la prosodie, l'aspect

émotionnel ou par le bruit de l'environnement. Cette interprétation pourrait en effet expliquer pourquoi nous n'avons pas observé de performances particulièrement augmentées auprès des participants avec SA pour discriminer des stimuli entre eux qui sont juste des variantes acoustiques du même phonème. Par contre, cette interprétation ne peut pas expliquer pourquoi nous n'avons pas observé de différences non plus pour la discrimination de stimuli artificiels qui ne pouvaient pas être perçus comme des stimuli langagiers et où les connaissances antérieures ne pouvaient pas intervenir.

En conclusion, nos résultats au niveau du fonctionnement perceptif visuel et auditif n'ont pas permis de mettre en évidence de profil de performances spécifique qui permettrait de distinguer le SA avec/sans retard de langage. Ceci pose la question de la pertinence de la distinction entre SA avec et sans retard du langage.

A priori, nous pensons que la distinction entre SA avec / sans retard du langage devrait être pertinente pour au moins la raison suivante : les enfants SA sans retard de langage sont en général décrits comme présentant des capacités cognitives plus élevées et des comportements adaptatifs plus sophistiqués que les enfants SA avec retard de langage (Mayo et al., 2013). A un niveau phénoménologique et fonctionnel, les différences sont donc bien là. Il faut cependant s'interroger sur la manière dont ces deux entités sont diagnostiquées. En effet, le retard du langage est en général établi sur base de rapports rétrospectifs des parents sur le développement langagier de leur enfant, et ces rapports pourraient manquer de précision. A ce propos, Hus et al. (2011) ont montré que les parents d'enfants atteints de SA ont une difficulté à indiquer l'âge des jalons linguistiques de façon fiable.

Dans le cadre de cette thèse, nous aurions pu réaliser des tests normalisés sur les compétences linguistiques expressives et réceptives afin d'affiner les compétences



langagières au moins au moment de l'étude chez nos sujets. Nous aurions pu également être plus spécifiques concernant la répartition de nos groupes SA avec/sans retard de langage grâce à l'utilisation de l'ADOS 2 (Lord et al., 2000) qui n'a pas fait l'objet de passation nous concernant mais qui a été repris des rapports médicaux. Cependant, le fait que ces rapports n'indiquaient pas systématiquement le module utilisé pour la passation de l'ADOS 2, n'a pas permis cela. En effet, dans une étude longitudinale, Bal et al. (2020) ont utilisé les divers modules langagiers de l'ADOS (Lord et al., 2000) pour classer les enfants en groupes linguistiques : les enfants ayant reçu le module 1 à l'âge de 3 ans (c'est-à-dire utilisant un seul mot ou moins) ont été classés comme « retard de langage ». Les enfants utilisant un langage plus élaboré (c.-à-d. évalué par les modules 2, 3 ou 4) ont été classés comme « verbaux ».

Par ailleurs, la délimitation de l'hétérogénéité du SA demeure l'un des défis les plus importants dans la recherche sur l'autisme (Lai et al., 2013a). Notons ici également que des différences structurales volumétriques entre le SA avec/sans retard de langage ont bien été mises en évidence (Lai et al., 2014). Une diminution du volume cérébral a été observée dans des régions comprenant le gyrus temporal supérieur, le gyrus temporal moyen, le sulcus temporal supérieur et le pôle temporal chez les personnes avec SA avec retard du langage. Floris et al. (2016) ont également trouvé des différences dans les structures corticales dédiées au traitement langagier entre les personnes SA avec/sans retard de langage. Lombardo et al. (2015) ont montré que l'hypo-activation dans le cortex temporal supérieur durant la perception passive de la parole, pouvait potentiellement spécifier les individus avec SA avec de mauvais résultats développementaux. Toutefois, la question se pose de savoir s'il existe également des influences dépendantes de l'expérience langagière sur l'asymétrie corticale. En effet, les personnes atteintes de SA avec retard de langage pourraient présenter un développement atypique de la latéralisation en raison de la sous-utilisation précoce des régions linguistiques spécialisées (Floris et al., 2016). Ainsi, des études longitudinales seraient nécessaires pour identifier l'apparition et la

trajectoire du développement atypique dans les sous-groupes sur le spectre autistique, ainsi que l'apparition et l'évolution des spécificités perceptuelles éventuelles. Les spécificités perceptuelles pourraient être plus prononcées pendant les phases les plus précoces du développement cognitif et langagier dans le SA, et s'amenuiser, voir disparaître par la suite.

### **3. Intérêts spécifiques dans l'autisme.**

Un autre aspect important de cette thèse a été l'étude de la nature des intérêts spécifiques dans le SA, en distinguant toujours le SA avec et sans retard du langage. En étudiant les intérêts spécifiques, nous souhaitions tester l'hypothèse selon laquelle le retard d'apparition du langage, ou inversement, la maîtrise précoce du langage, oriente la nature et le signalement verbal des intérêts autistiques des adultes. Pour cet aspect de notre thèse, les résultats obtenus concordaient avec notre hypothèse. En effet, les adultes SA avec retard de langage signalaient leur intérêt en utilisant des termes qui se rapportaient principalement à la dimension perceptuelle. Nous retrouvions dans leur description de leur intérêt majoritairement des représentations très concrètes et perceptuelles comme dans l'exemple suivant : « Je construisais des Duplo, des trains. Je m'intéressais à tous les modèles, les locomotives, les wagons. Plus tard après, j'avais un mécano quand j'avais 8 ans. Je l'ai vu en vrai, j'ai pris des photos, j'avais un livre aussi avec tous les types de marques. Le plus c'est les images que j'ai en livre de trains, les différents modèles, les locomotives aussi qui sont de quels pays... » En revanche, les adultes SA sans retard de langage mettaient l'accent sur les aspects thématiques de leurs intérêts, en utilisant une terminologie principalement liée à l'expression verbale de leur contenu sémantique. Reprenons également un exemple observé dans notre étude : « Je voulais faire la génétique, puis je voulais faire endocrinologie, puis je voulais

faire l'immunologie, tellement c'était la passion. Le cours, j'allais trouver le prof parce que je voulais savoir ceci ou cela et je vivais la génétique... Tout ce système me paraît cohérent. C'est un refuge et une ligne directrice. Des théories que j'avais élaborées dans mon monde imaginaire se retrouvaient en médecine... »

Notons que la dominance thématique versus perceptuelle dans le discours de nos participants, ainsi que la complexité grammaticale du langage utilisé, étaient indépendantes de leur connaissance verbale actuelle telle qu'estimée par l'EVIP. Selon l'extension de la cartographie véridique du modèle de fonctionnement perceptif amélioré (Mottron et al., 2013), le développement de l'expertise spécifique au domaine tout au long de la vie est l'un des facteurs clés de l'hétérogénéité phénotypique autistique. En effet, dans le SA avec retard de langage, l'expertise perceptuelle orienterait l'intelligence autiste vers des domaines de connaissance fortement chargés en analogie structurelle. En revanche, dans le SA sans retard de langage, le langage oral serait le premier et le principal investissement des domaines d'intérêt. Spiker et al. (2012) ont mis en évidence deux façons dont les intérêts spécifiques peuvent s'exprimer : l'une concerne la recherche de motifs répétitifs et l'attachement excessif à des objets, comparable aux intérêts spécifiques perceptuels observés dans l'autisme de façon plus générale. L'autre façon concerne la recherche d'informations compulsives sur des faits spécifiques autour d'un thème préféré et est de nature davantage conceptuelle et thématique, c'est-à-dire impliquant des structures de connaissances sémantiques, intégrées à leur contexte, et explicites.

Notre étude a pu préciser auprès de quelle population autistique avec/sans retard de langage ces deux modes d'expression des intérêts spécifiques se marquaient le plus. En effet, le moment d'acquisition du langage semble fortement influencer la nature des intérêts spécifiques qui sont retrouvés en autisme alors qu'il n'y a pas d'impact sur le fonctionnement perceptif en tant que tel.

#### 4. Implications pour la prise en charge

Le fait d'avoir mis en évidence une différence robuste au niveau de la nature des intérêts spécifiques chez le SA avec et sans retard de langage permet d'envisager plusieurs implications concernant la prise en charge. A tout le moins, on pourrait préconiser une prise en charge centrée sur les aspects perceptuels dans le SA avec retard de langage et une prise en charge utilisant des aspects plus conceptuels et thématiques dans le SA sans retard de langage. Les intérêts spécifiques sont en effet régulièrement utilisés comme renforçateurs pour la réalisation d'une tâche d'apprentissage et pas comme canaux des apprentissages. En d'autres mots, l'objet d'intérêt est souvent donné comme récompense suite à la réalisation d'une activité mais n'est pas utilisé comme objet d'apprentissage en tant que tel. Un clinicien peut en effet se servir de ces intérêts spécifiques pour faciliter toute une série d'apprentissages. Par exemple, un enfant SA qui serait très intéressé par les dinosaures pourrait apprendre à compter, à catégoriser, à segmenter visuellement avec justement des figurines de dinosaures. Il pourrait aussi apprendre à lire en s'exerçant sur des noms de dinosaures (Courchesne et al., 2016).

Selon Morsanyi et Handley (2012), l'utilisation de plusieurs informations verbales dans un raisonnement déductif serait en effet difficile chez les adolescents autistes. Ropar et Peebles (2007) ont également souligné que face à une information complexe, les enfants SA utiliseraient spontanément des critères concrets plutôt qu'abstraites pour classer le matériel en catégories (par exemple la couleur des livres plutôt que leur sujet).

Kamio et Toichi (2000) ont démontré que les images, comparativement aux mots écrits, facilitaient l'accès aux connaissances sémantiques chez les personnes SA. L'utilisation d'images faciliterait le traitement et l'intégration de l'information

sémantique chez les personnes SA ayant connu un retard de langage. Par exemple, au lieu d'expliquer à l'enfant verbalement qu'un triangle comporte 3 côtés, qu'un carré a 4 côtés égaux, etc..., on pourrait utiliser différents exemplaires de triangles et de carrés découpés dans du carton pour les placer ensuite dans des boîtes identifiées par le mot triangle ou carré (Courchesne et al., 2016).

Au contraire, concernant les enfants SA sans retard du langage, un canal davantage verbal peut être encouragé comme mode d'apprentissage, en verbalisant les enchaînements causaux et temporels des sources d'apprentissage comme également suggéré par Mottron (2016). Ainsi, les canaux suivants pourraient être utilisés : Emission de télévision avec sous-titres, bulletins météorologiques, journaux, lecture à voix haute, etc...



# Conclusions

---

Dans ce travail de thèse, nous avons examiné l'existence de différences au niveau du fonctionnement perceptif et des intérêts spécifiques dans le SA avec et sans retard de langage. Nous avons mis en évidence des différences nettes entre ces deux groupes concernant la nature des intérêts spécifiques. Par contre, aucune spécificité de fonctionnement n'a été observée pour le fonctionnement perceptif visuel ou auditivo-verbal, que ce soit entre les deux groupes de SA, ou entre le SA et des personnes contrôles sans SA. Les différences observées au niveau des intérêts spécifiques soulignent la validité de la distinction entre SA avec et sans retard du langage. Les spécificités davantage perceptuelles, et surtout les conditions dans lesquelles celles-ci apparaissent, soulèvent cependant encore de nombreuses questions. Des études longitudinales, en incluant les personnes avec SA à un âge le plus précoce possible, pourraient nous éclairer davantage sur la présence et la nature des spécificités perceptuelles pour des stimuli complexes dans le SA.





*Références*  
*Bibliographiques*



- 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.
- Abrams, D.A., Lynch, C.J., Cheng, K.M.,... & Menon, V. (2013). Underconnectivity between voice-selective cortex and reward circuitry in children with autism. *Proc Natl Acad Sci*.110,12060–65.
- Abramson, A. S., & Lisker, L. (1970). *Discriminability along the voicing continuum: Cross-language tests*. Proceedings of the 6th International Congress of Phonetic Sciences, Prague,569-573.
- Adams, C., Green, J., Gilchrist, A., & Cox, A. (2002). Conversational behavior of children with Asperger syndrome and conduct disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,43(5),679–690.
- Alderson-Day, B. (2014). Verbal problem-solving difficulties in autism spectrum disorders and atypical language development. *Autism Research* 7(6), 720-730.
- Alexandre, F. (2013). Comprendre les réseaux cérébraux. [Rapport de recherche] RR-8219, INRIA,21. <https://hal.inria.fr/hal-00783331>
- Alexander, J. M., Johnson, K. E., Leibham, M. E., & Kelley, K. (2008). The development of conceptual interests in young children. *Cognitive Development*,23(2), 324–334.
- Amaral, D.G., Schumann, C.M., Nordahl, C.W. (2008). Neuroanatomy of autism. *Trends Neurosci*,31, 137–45.
- Amedi, A., Raz, N., Pianka, P., Malach, R., & Zohary, E. (2003). Early “visual” cortex activation correlates with superior verbal memory performance in the blind. *Nature Neuroscience*,6(7),758–766.
- American Psychiatric Association [APA]. (2000). *Manuel diagnostique et des troubles mentaux. (4ème édition, Washington DC, 2000)* (Masson, 2003, 1065). Paris.
- American Psychiatric Association. (1994). *MINI DSM-IV. Critères diagnostiques*. Washington: Masson.

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, 5th edition (DSM-5)*. (American Psychiatric Publishing, Inc). Washington.
- Anderson, T. R., & Slotkin, T. A. (1975). Maturation of the adrenal medulla--IV. Effects of morphine. *Biochemical Pharmacology*,24(16),1469–1474.
- Anthony, L. G., Kenworthy, L., Yerys, B. E., Jankowski, K. F., James, J. D., Harms, M. B., ... Wallace, G. L. (2013). Interests in high-functioning autism are more intense, interfering, and idiosyncratic than those in neurotypical development. *Development and Psychopathology*,25(3),643–652.
- Arnold, J. E., Bennetto, L., & Diehl, J. J. (2009). Reference production in young speakers with and without autism: Effects of discourse status and processing constraints. *Cognition*,110(2),131–146.
- Åsberg, J. (2010). Patterns of language and discourse comprehension skills in school-aged children with autism spectrum disorders. *Scand J Psychol*.51(6),534–539.
- Ashwin, C., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., O’Riordan, M., Bullmore, E.T. (2007). Differential activation of the amygdala and the ‘social brain’ during fearful face-processing in Asperger Syndrome. *Neuropsychologia*,45,2–14.
- Asperger, H. (1998). *Les psychopathes autistiques pendant l’enfance*. Le Plessis-Robinson : Institut Synthélabo pour le progrès de la connaissance.
- Association for child and adolescent mental health. (2012). Editorial: DSM -5 and autism spectrum disorders – two decades of perspectives from the JCPP. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,9.
- Attwood, T. (2003). Understanding and managing circumscribed interests. M. Prior (Ed.), *Learning and behaviour problems in Asperger syndrome*. New York, Guilford Press,126–147.
- Attwood, T. (2006). *The complete guide to Asperger’s syndrome*. Le syndrome d’asperger. *Guide complet. tr.fr. (2008)*. Bruxelles, De Boeck.

- Attwood, T. (2008). *The complete guide to Asperger's syndrome*. London; Philadelphia: Jessica Kingsley Publishers.
- Auerbach, B. D., Osterweil, E. K., & Bear, M. F. (2011). Mutations causing syndromic autism define an axis of synaptic pathophysiology. *Nature*, 480(7375), 63–68.
- Aussilloux, C., & Baghdadli, A. (2008). Évolution du concept et actualité clinique du syndrome d'Asperger. *Revue Neurologique*, 164(5), 406–413.
- Badcock, J. C., Whitworth, F. A., Badcock, D. R., & Lovegrove, W. J. (1990). Low-Frequency Filtering and the Processing of Local—Global Stimuli. *Perception*, 19(5), 617–629.
- Bailey, A., Le Couteur, A., Gottesman, I., Bolton, P., Simonoff, E., Yuzda, E., & Rutter, M. (1995). Autism as a strongly genetic disorder: evidence from a British twin study. *Psychological Medicine*, 25(1), 63–77.
- 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.
- Baker, M. J. (2000). Incorporating the Thematic Ritualistic Behaviors of Children with Autism into Games: Increasing Social Play Interactions with Siblings. *Journal of Positive Behavior Interventions*, 2(2), 66–84.
- Bal, V., Fok, M., Lord, C., Smith, I., Mirenda, P., Szatmari, P., Vaillancourt, T., Volden, J., Waddell, C., Zwaigenbaum, L., Bennett, T., Duku, E., Elsabbagh, M., Georgiades, S., Ungar, W., & Zaidman-Zait, A. (2020). Predictors of longer-term development of expressive language in two independent longitudinal cohorts of language-delayed preschoolers with Autism Spectrum Disorder. *Journal of child psychology and psychiatry*, 61 (7), 826-835.

- 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, and Allied Disciplines*,57,1424–1433.
- Baldo, J. V., Bunge, S. A., Wilson, S. M., & Dronkers, N. F. (2010). Is relational reasoning dependent on language? A voxel-based lesion symptom mapping study. *Brain and Language*,113(2), 59–64.
- Balconi, M. (2010a). The sense of Agency in Psychology and Neuropsychology. Dans M. Balconi (Ed.), *Neuropsychology of the Sense of Agency: From Consciousness to Action*,3-22. New York, NY : Springer
- Banel, M.-H., & Bacri, N. (1997). Reconnaissance de la parole et indices de segmentation métriques et phonotactiques, *97(1)*,77–112.
- Bar, M. (2009). The proactive brain: memory for predictions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*,364(1521),1235–43.
- Baranek, G. T., Boyd, B. A., Poe, M. D., David, F. J., & Watson, L. R. (2007). Hyperresponsive Sensory Patterns in Young Children With Autism, Developmental Delay, and Typical Development. *American Journal on Mental Retardation*,112(4),233.
- Baranek, G. T., Foster, L. G., & Berkson, G. (1997). Sensory Defensiveness in Persons with Developmental Disabilities. *The Occupational Therapy Journal of Research*,17(3),173–185.
- Barbeau, E. B., Lewis, J. D., Doyon, J., Benali, H., Zeffiro, T. A., & Mottron, L. (2015). A greater involvement of posterior brain areas in interhemispheric transfer in autism: fMRI, DWI and behavioral evidences. *NeuroImage : Clinical*,8,267–280.

- 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), 295–301.
- Barnes, J. L. (2012). Fiction, imagination, and social cognition: Insights from autism. *Poetics*, 40(4), 299–316.
- Barnes, K. A., Howard, J. H., Howard, D. V., Gilotty, L., Kenworthy, L., Gaillard, W. D., & Vaidya, C. J. (2008). Intact implicit learning of spatial context and temporal sequences in childhood autism spectrum disorder. *Neuropsychology*, 22(5), 563–570.
- Baron-Cohen S. (1995). *Mindblindness. An Essay on Autism and Theory of Mind* MA: MIT Press Cambridge.
- Baron-Cohen, S. (2002). The extreme male brain theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(6), 248–254.
- Baron-Cohen, S. (2004). L'autisme : une forme extrême du cerveau masculin ? *Terrain*, (42), 17–32.
- Baron-Cohen, S. (2005). Two new theories of autism: hyper-systemizing and assortative mating. *Archives of Disease in Childhood*, 91(1), 2–5.
- Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (1999). "Obsessions" in children with autism or Asperger syndrome. *British Journal of Psychiatry*, 175(5), 484–490.
- Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Ashwin, C., Tavassoli, T., & Chakrabarti, B. (2009). Talent in autism: hyper-systemizing, hyper-attention to detail and sensory hypersensitivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1522), 1377–1383.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, 21(1), 37–46.

- Baron-Cohen, S., Richler, J., Bisarya, D., Gurunathan, N., & Wheelwright, S. (2003). The systemizing quotient: an investigation of adults with Asperger syndrome or high-functioning autism, and normal sex differences. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1430), 361–374.
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Robinson, J., & Woodbury-Smith, M. (2005). The Adult Asperger Assessment (AAA): A Diagnostic Method. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35(6), 807–819.
- Baron-Cohen, S. (2009). *The short life of a diagnosis*. The New York Times.
- Bartak, L., Rutter, M., & Cox, A. (1977). A comparative study of infantile autism and specific developmental receptive language disorders III. Discriminant function analysis. *Journal of Autism and Childhood Schizophrenia*, 7(4), 383–396.
- Bartlett, C. W., Hou, L., Flax, J. F., Hare, A., Cheong, S. Y., Fermano, Z., ... Brzustowicz, L. M. (2014). A Genome Scan for Loci Shared by Autism Spectrum Disorder and Language Impairment. *American Journal of Psychiatry*, 171(1), 72–81.
- Bartlett, S. C., Armstrong, E., & Roberts, J. (2005). Linguistic resources of individuals with Asperger syndrome. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 19(3), 203–213.
- Bass, C., & Glaser, D. (2014). Early recognition and management of fabricated or induced illness in children. *The Lancet*, 383(9926), 1412–1421.
- Beaucousin, V., Cassotti, M., Simon, G., Pineau, A., Kostova, M., Houdé, O., & Poirel, N. (2011). ERP evidence of a meaningfulness impact on visual global/local processing: When meaning captures attention. *Neuropsychologia*, 49(5), 1258–1266.
- Becchio, C., Mari, M., & Castiello, U. (2010). Perception of shadows in children with autism spectrum disorders. *PloS One*, 5(5), e10582.
- Bedoin, N. (2014). *Dyslexie chez l'enfant et déficits d'attention spatiale*. Les Entretiens d'Orthophonie, Paris



- Bedoin, N. (2017). Rééquilibrer les analyses visuo-attentionnelles globales et locales pour améliorer la lecture chez des enfants dyslexiques de surface. *A.N.A.E*,148,276-294.
- Bedoin, N., Kéïta, L., Leculier, L., Roussel, C., Herbillon, V., & Launay, L. (2010). Diagnostic et remédiation d'un déficit d'inhibition des détails dans la dyslexie de surface. In T. Rousseau, & F. Valette-Fruhinsholz (Eds.), *langage oral : Données actuelles et perspectives en orthophonie*,177–210.
- Bedoin, N., Marcastel, A., & Tillmann, B. (2016). Difficultés attentionnelles et traitement du langage : Propositions d'aide par la musique et remédiations informatisées. *Développements*,18-19, 121-269.
- Behrmann, M., Avidan, G., Leonard, G. L., Kimchi, R., Luna, B., Humphreys, K., & Minshew, N. (2006). Configural processing in autism and its relationship to face processing. *Neuropsychologia*, 44(1),110–129.
- Belhassen, M., & Chaverneff O. (2006). *L'enfant autiste, un guide pour les parents*. Paris, Audibert.
- Belkadi, Z., Gierski, F., Clerc, C., Bertot, V., Brasselet, C., & Motte, J. (2003). Syndrome d'Asperger chez l'enfant : à propos de quatre observations. *Arch Pediatr*.10,110–116.
- Belmonte, M. K., & Bourgeron, T. (2006). Fragile X syndrome and autism at the intersection of genetic and neural networks. *Nature Neuroscience*,9(10),1221–1225.
- Ben-Ari, Y. (2020). Changer de logiciel pour comprendre et traiter l'autisme. De l'importance de l'étude de la maternité et de la naissance. *Med Sci*.36(6-7),547-549.
- Ben-David, E., & Shifman, S. (2012). Networks of Neuronal Genes Affected by Common and Rare Variants in Autism Spectrum Disorders. *PLoS Genetics*,8(3),e1002556.

- Bennett, E., & Heaton, P. (2012). Is Talent in Autism Spectrum Disorders Associated with a Specific Cognitive and Behavioural Phenotype? *Journal of Autism and Developmental Disorders*,42(12), 2739–2753.
- Bennetto, L., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1996). Intact and impaired memory functions in autism. *Child Development*,67(4),1816–1835.
- Berger, J. (2007). *Sortir de l'autisme*. Paris, Buchet-Chastel.
- Ben-Sasson, A., Hen, L., Fluss, R., Cermak, S. A., Engel-Yeger, B., & Gal, E. (2008). A Meta-Analysis of Sensory Modulation Symptoms in Individuals with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,39(1),1–11.
- Berthoz, A. (2015). *Anticipation et prédiction*. Paris: Odile Jacob
- Bertholet, L., Torres Escobar, M., Depré, M.,... & Schenk, F. (2015). Spatial radial maze procedures and setups to dissociate local and distal relational spatial frameworks in humans. *J Neurosci Meth*.253(6),126–41.
- Bertholet, L., & Schenk, F. (2015). To be here or elsewhere? *Austin J Psychiatry Behav Sci*.2(1).
- Bertone, A., Hanck, J., Kogan, C., Chaudhuri, A., & Cornish, K. (2010). Using Perceptual Signatures to Define and Dissociate Condition-Specific Neural Etiology: Autism and Fragile X Syndrome as Model Conditions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,40(12),1531–1540.
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2005). Enhanced and diminished visuo-spatial information processing in autism depends on stimulus complexity. *Brain*,128(10),2430–2441.
- Best, C. T., McRoberts, G. W., & Goodell, E. (2001). Discrimination of non-native consonant contrasts varying in perceptual assimilation to the listener's native phonological system. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(2),775–794.

- Bibeau, A., & Fossard, M. (2010). High-Functioning Autism or Asperger' Syndrome: The Language Issue. *Revue Canadienne D'orthophonie et D'audiologie*,34(4),246–260.
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*,94(2),115–147.
- Billières, M. (2015). La perception catégorielle des sons de parole [phonétique générale]. Retrieved from [www.verbotonale-phonetique.com/perception-categorielle-sons-parole](http://www.verbotonale-phonetique.com/perception-categorielle-sons-parole)
- Billstedt, E., Gillberg, I. C., & Gillberg, C. (2007). Autism in adults: symptom patterns and early childhood predictors. Use of the DISCO in a community sample followed from childhood. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*,48(11),1102–10.
- Bishop, D.V.M. (2007). Using mismatch negativity to study central auditory processing in developmental language and literacy impairments: Where are we, and where should we be going. *Psychological Bulletin*,133,651-672.
- Bishop, S. L., Hus, V., Duncan, A., Huerta, M., Gotham, K., Pickles, A., ... Lord, C. (2013). Subcategories of Restricted and Repetitive Behaviors in Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,43(6),1287–1297.
- 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.
- Bizet, E., Bretière, M., Gillet, P., & Barthélémy, C. (2018). *Prises en charge neuropsychologiques de l'autisme : Enfants d'âge scolaire, adolescents et adultes*. Neuropsychologie. Paris: De Boeck Supérieur.
- Blair, C. (2006). How similar are fluid cognition and general intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability. *Behavioral and Brain Sciences*,29(2).

- Blake R, Shiffrar M. (2007). Perception of human motion. *Annu Rev Psychol*,58(1),47–73.
- Blumstein, S. E., & Stevens, K. N. (1979). Acoustic invariance in speech production: evidence from measurements of the spectral characteristics of stop consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*,66(4),1001–1017.
- Boddaert, N., Chabane, N., Belin, P., Bourgeois, M., Royer, V., Barthelemy, C., Mouren-Simeoni, M.C., Philippe, A., Brunelle, F., Samson, Y., & Zilbovicius, M. (2004). Perception of complex sounds in autism: Abnormal auditory cortical processing in children. *American Journal of Psychiatry*,161, 2117–2120.
- Boddaert, N., Chabane, N., Gervais, H., Good, C. D., Bourgeois, M., Plumet, M.-H., ... Zilbovicius, M. (2004). Superior temporal sulcus anatomical abnormalities in childhood autism: a voxel-based morphometry MRI study. *NeuroImage*,23(1),364–369.
- 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.
- Bodfish, J.W. (2003). *Interests Scale*. Chapel Hill, NC.
- Bölte, S., Dziobek, I. et Poustka, F. (2009). Brief Report: The Level and Nature of Autistic Intelligence Revisited. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,39(4),678–682.
- Bölte, S., Holtmann, M., Poustka, F., Scheurich, A., & Schmidt, L. (2007). Gestalt Perception and Local-Global Processing in High-Functioning Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(8),1493–1504.
- Bölte, S., Schlitt, S., Gapp, V. (2012). A close eye on the eagle-eyed visual acuity hypothesis of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,42,726–733.

- Bonneh, Y. S., Levanon, Y., Dean-Pardo, O., Lossos, L., & Adini, Y. (2011). Abnormal Speech Spectrum and Increased Pitch Variability in Young Autistic Children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4.
- Bonnel, A., & Hafter, E. (2006). Sensitivity to increments analyzed separately for each level in a roving paradigm. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(5), 3127–3127.
- Bonnel, A., McAdams, S., Smith, B., Berthiaume, C., Bertone, A., Ciocca, V., Burack, J., & 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., & Bonnel, A.-M. (2003). Enhanced Pitch Sensitivity in Individuals with Autism: A Signal Detection Analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(2), 226–235.
- Bonnel, A.M., & Ervin, H. (2006). Sensitivity to increments analyzed separately for each level in a roving paradigm. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(5), 3127–3127.
- Bonnet-Brilhault, F. (2017). L'autisme : un trouble neuro-développemental précoce. *Archives de pédiatrie*, 24(4), 384–390.
- Booth, R., & Happé, F. (2010). "Hunting with a knife and ... fork": Examining central coherence in autism, attention deficit/hyperactivity disorder, and typical development with a linguistic task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 107(4), 377–393.
- Booth, R., Charlton, R., Hughes, C., & Happé, F. (2003). Disentangling weak coherence and executive dysfunction: planning drawing in autism and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1430), 387–392.
- Bott, L., Brock, J., Brockdorff, N., Boucher, J., & Lamberts, K. (2006). Perceptual Similarity in Autism. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(7), 1237–1254.

- Bottema-Beutel, K., & White, R. (2016). By the Book: An Analysis of Adolescents with Autism Spectrum Condition Co-constructing Fictional Narratives with Peers. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,46(2),361–377.
- Boucher, J. (2007). Memory and generativity in very high-functioning autism: A firsthand account, and an interpretation. *Autism*,11,255-264.
- Boucher, J., & Bowler, D. M. (Eds.). (2008). *Memory in autism*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Boucher, J. (2012). Research Review: Structural language in autistic spectrum disorder - characteristics and causes: Structural language in ASD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,53(3),219–233.
- Boucher, J., Biggam, S., Mayes, A., & Muskett, T. (2008). Recognition and Language in Low Functioning Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,38(7),1259–1269.
- Boucher, J., Warrington, E.K. (1970). Memory deficits in early infantile autism: some similarities to the amnesic syndrome. *Br J Psychiatry*,67,73-87.
- Bourgeron, T. (2015). From the genetic architecture to synaptic plasticity in autism spectrum disorder. *Nature Reviews Neuroscience*,16(9),551–563.
- Bouton, S., Serniclaes, W., Bertoncini, J., & Colé, P. (2012). Perception of Speech Features by French-Speaking Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*,55(1),139–153.
- Bouvet, L. (2012). *Traitement musical dans les troubles du spectre autistique : déficit du traitement global ou sur fonctionnement des traitements perceptifs ?* Médecine humaine et pathologie, Université de Grenoble.
- Bouvet, L., Mottron, L., Valdois, S., & Donnadieu, S. (2016). Auditory Stream Segregation in Autism Spectrum Disorder: Benefits and Downsides of Superior Perceptual Processes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,46(5),1553–1561.

- Bouvet, L., Simard-Meilleur, A.-A., Paignon, A., Mottron, L., & Donnadieu, S. (2014). Auditory local bias and reduced global interference in autism. *Cognition*,*131*(3),367–372.
- Bowler, D. (2012). Autism spectrum disorders (ASD). *Autism: The International Journal of Research and Practice*,*16*(3),223–225.
- Bowler, D. M., Gaigg, S. B., & Gardiner, J. M. (2008). Effects of related and unrelated context on recall and recognition by adults with high-functioning autism spectrum disorder. *Neuropsychologia*, *46*(4),993–999.
- Bowler, D. M., Gaigg, S. B., & Gardiner, J. M. (2009). Free Recall Learning of Hierarchically Organised Lists by Adults with Asperger’s Syndrome: Additional Evidence for Diminished Relational Processing. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,*39*(4),589–595.
- Bowler, D. M., Gaigg, S. B., & Gardiner, J. M. (2010). Multiple List Learning in Adults with Autism Spectrum Disorder: Parallels with Frontal Lobe Damage or Further Evidence of Diminished Relational Processing? *Journal of Autism and Developmental Disorders*,*40*(2),179–187.
- Bowler, D. M., Gardiner, J. M., & Berthollier, N. (2004). Source memory in adolescents and adults with Asperger’s syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *34*(5),533–542.
- Bowler, D. M., Gardiner, J.M., & Grice, S.J. (2000). Episodic Memory and Remembering in Adults with Asperger Syndrome. *J Autism Dev Disord*.*30*,5–304.
- Bowler, D. M., Gardiner, J.M., Grice, S., & Saavalainen, P. (2000). Memory illusions: false recall and recognition in adults with Asperger’s syndrome. *J Abnorm Psychol*.*109*,663–72.
- Bowler, D. M., Limoges, E., & Mottron, L. (2009). Different Verbal Learning Strategies in Autism Spectrum Disorder: Evidence from the Rey Auditory Verbal Learning Test. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,*39*(6),10–915.

- Bowler, D. M., Matthews, N.J., Gardiner, J.M. (1997). Asperger's syndrome and memory: Similarity to autism but not amnesia. *Neuropsychologia*,35,65–70.
- Boyd, B. A., Conroy, M. A., Mancil, G. R., Nakao, T., & Alter, P. J. (2007). Effects of Circumscribed Interests on the Social Behaviors of Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,37(8),1550–1561.
- Boysson-Bardies, B. (2005). *Comment la parole vient aux enfants*. (Eds. Odile Jacob).
- Brock, J. (2012). Alternative Bayesian accounts of autistic perception: Comment on Pellicano and Burr. *Trends in Cognitive Sciences*,16(12), 573–574.
- Broome, K., McCabe, P., Docking, K., Doble, M. (2017). A Systematic Review of Speech Assessments for Children With Autism Spectrum Disorder: Recommendations for Best Practice. *Am J Speech Lang Pathol*,26(3),1011–1029.
- Brosnan, M. J., Scott, F. J., Fox, S., & Pye, J. (2004). Gestalt processing in autism: failure to process perceptual relationships and the implications for contextual understanding. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,45(3),459–469.
- Brown, J., Aczel, B., Jiménez, L., Kaufman, S. B., & Grant, K. P. (2010). Intact implicit learning in autism spectrum conditions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*,63(9),1789–1812.
- Brown, A.C. & Crewther, D. (2017). Autistic children show a surprising relationship between global visual perception, non-verbal intelligence and visual parvocellular function, not seen in typically developing children. *Frontiers in human neuroscience*,11,239-239.
- Bruneau, N., Bonnet-Brilhault, F., Gomot, M., Adrien, J.-L., & Barthélémy, C. (2003). Cortical auditory processing and communication in children with autism: electrophysiological/behavioral relations. *International Journal of Psychophysiology*,51(1),17–25.



- Bullier, J. (2001). Integrated model of visual processing. *Brain Research. Brain Research Reviews*,36(2–3),96–107.
- Bullinger, A. (2005). *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars. Un parcours de recherche*. Ramonville Saint-Aggne, Erès.
- Bunin, A. J., Jakovlev, A. A., Jermakova, V. N., & Konde, L. A. (1975). [The influence of isoglaucou on the hydrodynamics and haemodynamics of the eye (author's transl)]. *Klinische Monatsblatter Fur Augenheilkunde*, 167(4),542–549.
- Burack, J., Enns, J., Stauder, J.E.A., Mottron, L., & Randolph, B. (1997). Attention and Autism: Behavioral and electrophysiological evidence. In D. Cohen, F. Volkmar (Eds.), *Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorders*,10,226-247. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Burd, L., Kerbeshian, J., & Fisher, W. (1985). Inquiry into the Incidence of Hyperlexia in a Statewide Population of Children with Pervasive Developmental Disorder. *Psychological Reports*,57(1), 236–238.
- Burnham, D. K. (2003). Language specific speech perception and the onset of reading. *Kluwer Academic Publishers*,573–609.
- Caldwell-Harris, C. L., & Jordan, C. J. (2014). Systemizing and special interests: Characterizing the continuum from neurotypical to autism spectrum disorder. *Learning and Individual Differences*,29,98–105.
- Cardoso-Martins, C., & da Silva, J. R. (2010). Cognitive and language correlates of hyperlexia: evidence from children with autism spectrum disorders. *Reading and Writing*,23(2),129–145.
- 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.
- Caron, M. J., Mottron, L., Rainville, C., & Chouinard, S. (2004). Do high functioning persons with autism present superior spatial abilities? *Neuropsychologia*,42(4),67–481.

- 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), 404–431.
- Carper, R. A., & Courchesne, E. (2005). Localized enlargement of the frontal cortex in early autism. *Biol Psychiatry*, 57, 126–33.
- Carroll, J. (2004). *Literary Darwinism: Evolution, Human nature and Literature*. New York, Routledge.
- Casanova, M., & Trippe, J. (2009). Radial cytoarchitecture and patterns of cortical connectivity in autism. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1522), 1433–1436.
- Cascio, C. J., Foss-Feig, J. H., Heacock, J., Schauder, K. B., Loring, W. A., Rogers, B. P., & Bolton, S. (2014). Affective neural response to restricted interests in autism spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(2), 162–171.
- Case, R. (1985). *Intellectual development: Birth to adulthood*. New York, Academic Press.
- Castles, A., Crichton, A., & Prior, M. (2010). Developmental dissociations between lexical reading and comprehension: Evidence from two cases of hyperlexia. *Cortex*, 46(10), 1238–1247.
- Cattell, R. B. (1987). *Intelligence: its structure, growth and action*. Amsterdam North-Holland.
- Centers for disease control and prevention. (2014). Prevalence of autism spectrum disorders: autism and developmental disabilities monitoring network, 14.
- Ceponiene, R., Lepisto, T., Shestakova, A., Vanhala, R., Alku, P., Naatanen, R., & Yaguchi, K. (2003). Speech-sound-selective auditory impairment in children with autism: They can perceive but do not attend. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(9), 5567–5572.

- Chakrabarti, B., Dudbridge, F., Kent, L., Wheelwright, S., Hill-Cawthorne, G., Allison, C., ... Baron-Cohen, S. (2009). Genes related to sex steroids, neural growth, and social-emotional behavior are associated with autistic traits, empathy, and Asperger syndrome. *Autism Research*,2(3),157–177.
- Charbonneau, G., Bertone, A., Véronneau, M., Girard, S., Pelland, M., Mottron, L., Lepore, F., & Collignon, O. (2020). Within- and Cross-Modal Integration and Attention in the Autism Spectrum. *J Autism Dev Disord*.50(1),87-100.
- Charman, T., Drew, A., Baird, C., & Baird, G. (2003). Measuring early language development in preschool children with autism spectrum disorder using the MacArthur Communicative Development Inventory (Infant Form). *J Child Lang*.30(1),213–236.
- Charman, T., Jones, C. R. G., 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(3),619–627.
- Chaturvedi, A. K., Landon, E. J., & Rama Sastry, B. V. (1978). Influence of chlorpromazine on calcium movements and contractile responses of guinea-pig ileum longitudinal smooth muscle to agonists. *Archives Internationales De Pharmacodynamie Et De Therapie*,236(1),109–124.
- Chen, F., Lemonnier, E., Lazartigues, A., & Planche, P. (2008). Non-superior disembedding performance in children with high-functioning autism and its cognitive style account. *Research in Autism Spectrum Disorders*,2(4),739–752.
- Chen, Y. H., Rodgers, J., & McConachie, H. (2009). Restricted and Repetitive Behaviours, Sensory Processing and Cognitive Style in Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,39(4),635–642.

- Cheung, C. H. M., Bedford, R., Johnson, M. H., Charman, T., & Gliga, T. (2018). Visual search performance in infants associates with later ASD diagnosis. *Developmental Cognitive Neuroscience*,*29*,4–10.
- Chevallier, C., Grezes, J., Molesworth, C., Berthoz, S. & Happé, F. (2012) Brief report: selective social anhedonia in high functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,*42*, 1504-1509.
- Chin, C. S. (2003). The Development of Absolute Pitch: A Theory Concerning the Roles of Music Training at an Early Developmental Age and Individual Cognitive Style. *Psychology of Music*,*31*(2),155–171.
- Chion, M. (1983). *Guide des objets sonores*. Paris : Buchet-Chastel.
- Chita-Tegmark, M. (2016). Attention allocation in ASD: a review and meta-analysis of eye-tracking studies. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*,*3*(3),209–223.
- Clarke, R. (2001). *Super cerveaux, des surdoués aux génies*. Paris: PUF.
- Cleeremans, A. (2006). Conscious and unconscious cognition: A graded, dynamic, perspective. In Q. Jing, M. R. Rosenzweig, H. Zhang, H.-C. Chen, & K. Zhang (Eds). *Progress in Psychological Science around the World*,401–418.
- Cochet, H., & Byrne, R. W. (2016). Communication in the second and third year of life: Relationships between nonverbal social skills and language. *Infant Behavior and Development*,*44*,189–198.
- Cohen, M. (1997). Neuropsychological profiles of children diagnosed as specific language impaired with and without hyperlexia. *Archives of Clinical Neuropsychology*,*12*(3),223–229.
- Colle, L., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., & van der Lely, H. K. J. (2008). Narrative Discourse in Adults with High-Functioning Autism or Asperger Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,*38*(1),28–40.
- Collignon, O., Charbonneau, G., Lassonde, M., & Lepore, F. (2009). Early visual deprivation alters multisensory processing in peripersonal space. *Neuropsychologia*,*47*(14),3236–3243.

- Collignon, O., & De Volder, A. G. (2009). Further evidence that congenitally blind participants react faster to auditory and tactile spatial targets. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*,63(4),287–293.
- Collignon, O., Renier, L., Bruyer, R., Tranduy, D., & Veraart, C. (2006). Improved selective and divided spatial attention in early blind subjects. *Brain Research*,1075(1),175–182.
- Collignon, O., Voss, P., Lassonde, M., & Lepore, F. (2009). Cross-modal plasticity for the spatial processing of sounds in visually deprived subjects. *Experimental Brain Research*,192(3),343–358.
- Comblain, A. (2017). LOGO0013-1 – Langage et communication des déficiences intellectuelles, motrices et sensorielles. Diapositives et notes de cours, Université de Liège.
- Constantino, J. N., Yang, D., Gray, T. L., Gross, M. M., Abbacchi, A. M., Smith, S. C., ... Kuhl, P. K. (2007). Clarifying the Associations Between Language and Social Development in Autism: A Study of Non-native Phoneme Recognition. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,37(7), 1256–1263.
- Courchesne, E. (2002). Abnormal early brain development in autism. *Mol Psychiatry*,7(suppl 2),21–23.
- Courchesne, E. (2003). Evidence of Brain Overgrowth in the First Year of Life in Autism. *JAMA*,290(3), 337.
- Courchesne, E. (2004). Brain development in autism: Early overgrowth followed by premature arrest of growth. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*,10(2),106–111.
- Courchesne, V., Girard, D., Jacques, C., & Soulières, I. (2018). Assessing intelligence at autism diagnosis: Mission impossible? Testability and cognitive profile of autistic preschoolers. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,49,845–856.

- Courchesne, E., Karns, C.M., Davis, H.R.,... Courchesne, R.Y. (2001). Unusual brain growth patterns in early life in patients with autistic disorder: an MRI study. *Neurology*,57,245–54.
- Courchesne, E., Mouton, P. R., Calhoun, M. E., Semendeferi, K., Ahrens-Barbeau, C., Hallet, M. J., ... Pierce, K. (2011). Neuron Number and Size in Prefrontal Cortex of Children With Autism. *JAMA*, 306(18).
- Courchesne, V., Nader, A.-M., Girard, D., Bouchard, V., Danis, É., & Soulières, I. (2016). Le profil cognitif au service des apprentissages : optimiser le potentiel des enfants sur le spectre de l'autisme. *Revue québécoise de psychologie*, 37(2),141.
- Cowen, T. (2011). An Economic and Rational Choice Approach to the Autism Spectrum and Human Neurodiversity. *SSRN Electronic Journal*.
- Craig, M., & Trauner, D. (2018). Comparison of Spontaneously Elicited Language Patterns in Specific Language Impairment and High-Functioning Autism. *Pediatric neurology*,79,53-58.
- Crane, L., & Goddard, L. (2008). Episodic and semantic autobiographical memory in adults with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,38,498–506.
- Crane, L., Goddard, L., & Pring, L. (2009). Sensory processing in adults with autism spectrum disorders. *Autism*,13(3),215–228.
- Crane, L., Goddard, L., & Pring, L. (2009). Specific and general autobiographical knowledge in adults with autism spectrum disorders: The role of personal goals. *Memory*,17,557-576.
- Crawford, J. R., Garthwaite, P. H., Howell, D. C., & Venneri, A. (2003). Intra-individual measures of association in neuropsychology: Inferential methods for comparing a single case with a control or normative sample. *Journal of the International Neuropsychological Society*,9(7).

- Cui, J., Gao, D., Chen, Y., Zou, X., & Wang, Y. (2010). Working Memory in Early-School-Age Children with Asperger's Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,40(8),958–967.
- Cutler, A., & Norris, D. (1988). The role of strong syllables in segmentation for lexical access. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*,14(1),113–121.
- D'Souza, D., Booth, R., Connolly, M., Happé, F., & Karmiloff-Smith, A. (2016). Rethinking the concepts of “local or global processors”: evidence from Williams syndrome, Down syndrome, and Autism Spectrum Disorders. *Developmental Science*,19(3),452–468.
- Damarla, S. R., Keller, T. A., Kana, R. K., Cherkassky, V. L., Williams, D. L., Minshew, N. J., & Just, M. A. (2010). Cortical underconnectivity coupled with preserved visuospatial cognition in autism: Evidence from an fMRI study of an embedded figures task. *Autism Research*,3(5),273–279.
- Darold, A., Treffert, M.D. (2011). Hyperlexia III: separating 'Autistic-like » Behaviors from Autistic Disorder; assessing children who read early or speak late. *Wisconsin Medical Journal*,110(4), 281–287.
- Dawson, M., Mottron, L. et Gernsbacher, M. A. (2008). Learning in Autism. In J. H. Byrne & H. Roediger (dir.), *Learning and memory: A comprehensive reference: cognitive psychology of memory*. Elsevier,2,759–772.
- Dawson, M., Soulières, I., Ann Gernsbacher, M., & Mottron, L. (2007). The Level and Nature of Autistic Intelligence. *Psychological Science*,18(8),657–662.
- De Fossé, L., Hodge, S. M., Makris, N., Kennedy, D. N., Caviness, V. S., McGrath, L., ... Harris, G. J. (2004). Language-association cortex asymmetry in autism and specific language impairment: Autism, SLI Language Asymmetry. *Annals of Neurology*,56(6),757–766.

- DeGangi, G. A., Breinbauer, C., Roosevelt, J. D., Porges, S., & Greenspan, S. (2000). Prediction of childhood problems at three years in children experiencing disorders of regulation during infancy. *Infant Mental Health Journal*, 21(3), 156–175.
- Dehaene, S., Cohen, L., Morais, J. & Kolinsky, R. (2015). Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature reviews. Neuroscience*, 16(4), 234-244.
- Delage, H., & Frauenfelder, U. (2012). Développement de la mémoire de travail et traitement des phrases complexes : Quelle relation ? *SHS Web of Conferences*, 1, 1555–1573.
- Delattre, P. (1966c). *Un triangle acoustique des voyelles du français*. La Haye : Mouton.
- Delattre, P. C. (1958). Les indices acoustiques de la parole. Premier rapport. *Phonetica* 2, 108(118), 210–251.
- Delattre, P. C., Liberman, A. M., & Cooper, F. S. (1955). Acoustic loci and transitional cues for consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 769–773.
- Delisle, A. L. (1976). Activity of two *Streptococcus mutans* bacteriocins in the presence of saliva, levan, and dextran. *Infection and Immunity*, 13(2), 619–626.
- DeLoache, J. S., Simcock, G., & Macari, S. (2007). Planes, trains, automobiles--and tea sets: Extremely intense interests in very young children. *Developmental Psychology*, 43(6), 579–1586.
- Deloche, G., Hannequin, D. (1997). Test de Dénomination Orale d'Images. Paris : les Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Demetriou, E. A., Lampit, A., Quintana, D. S., Naismith, S. L., Song, Y. J. C., Pye, J. E., ... Guastella, A. J. (2018). Autism spectrum disorders: a meta-analysis of executive function. *Molecular Psychiatry*, 23, 1198-1204.



- DeMyer, M. K., Hingtgen, J. N., & Jackson, R. K. (1981). Infantile autism reviewed: a decade of research. *Schizophrenia Bulletin*,7(3),388–451.
- DePape, A.-M. R., Hall, G. B. C., Tillmann, B., & Trainor, L. J. (2012). Auditory Processing in High-Functioning Adolescents with Autism Spectrum Disorder. *PLoS ONE*,7(9),e44084.
- Deruelle, C., Rondan, C., Gepner, B., & Fagot, J. (2006). Processing of compound visual stimuli by children with autism and Asperger syndrome. *International Journal of Psychology*,41(2), 97–106.
- Desgranges, B., Matuszewski, V., Piolino, P., Chételat, G., Mézenge, F., Landeau, B., ... Eustache, F. (2007). Anatomical and functional alterations in semantic dementia: A voxel-based MRI and PET study. *Neurobiology of Aging*,28(12),1904–1913.
- De Spiegleer, N., & Appelboom. J. (2007). Le syndrome d'Asperger existe-t-il ? *Elsevier Masson Bruxelles*,55(3),137–143.
- Devescovi, A., Caselli, M. C., Marchione, D., Pasqualetti, P., Reilly, J., & Bates, E. (2005). A crosslinguistic study of the relationship between grammar and lexical development. *Journal of Child Language*,32(4).
- Deweerd, S. (2020). Repetitive behaviors and 'stimming' in autism, explained. *Spectrum. Autism Research New*. <https://www.spectrumnews.org>
- Dichter, G. S. (2012). Functional magnetic resonance imaging of autism spectrum disorders. *Dialogues Clin Neurosci*.14,319–51.
- Dichter, G. S., & Belger, A. (2012). Atypical modulation of cognitive control by arousal in autism. *Psychiatry Res*.164,85–97.
- Dichter, G. S., & Felder, J. N., Green, S. R., Rittenberg, A. M., Sasson, N. J., & Bodfish, J. W. (2012). Reward circuitry function in autism spectrum disorders. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*,7(2),160–172.
- Diehl, R. L., Lotto, A.J. & Holt, L.L. (2004). Speech Perception. *Annual Review of Psychology*,55,149-179.

- Dienes, Z. (2014). Using Bayes to get the most out of non-significant results. *Frontiers in Psychology*, 5.
- Di Martino, A., Yan, C-G., Li, Q ,...Milham, M.P. (2014). The autism brain imaging data exchange: towards a large-scale evaluation of the intrinsic brain architecture in autism. *Mol Psychiatry*.19,659–67.
- Donnadieu, S. (2006). Mental representation of the timbre of Complex Sounds. In J. Beauchamp (Ed.), *Analysis, Synthesis, and Perception of Musical Sounds* (Springer Verlag). London.
- Donnadieu, S., Gentaz, E., & Marendaz, C. (2006). La perception. In : D. Gaonac'h. *Psychologie cognitive et bases neurophysiologiques du fonctionnement cognitif*. Paris : Presses universitaires de France
- Dos Santos, C. (2007). Développement phonologique en français langue maternelle. (Science du Langage). Université Lumière, Lyon 2.
- Doucet, M. -E., Guillemot, J.-P., Lassonde, M., Gagné, J.-P., Leclerc, C., & Lepore, F. (2005). Blind subjects process auditory spectral cues more efficiently than sighted individuals. *Experimental Brain Research*, 160(2),194–202.
- Drake, J. E., & Winner, E. (2011). Realistic Drawing Talent in Typical Adults is Associated with the Same Kind of Local Processing Bias Found in Individuals with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,41(9),1192–1201.
- Dufour, S., Peereman, R., Pallier, C., & Radeau, M. (2002). VoCoLex : une base de données lexicales sur les similarités phonologique entre les mots français. *L'Année Psychologique*,102,725–746.
- Dumay, N., Content, A., & Frauenfelder, U. H. (1999). Contribution de la structure syllabique de surface à la segmentation lexicale. Nantes.
- Dunn, L. M., Thériault-Whalen, C.M., & Dunn, C. M. (1993). Echelle de vocabulaire en images peabody (EVIP). Adaptation française du Peabody Picture Vocabulary test-revised. Manuel pour les formes A et B, Toronto : *Psycan*.

- Dunn, W. (2001). The sensations of everyday life: empirical, theoretical, and pragmatic considerations. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*,55(6),608–620.
- Dunn, W., & Westman, K. (1997). The sensory profile: the performance of a national sample of children without disabilities. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*,51(1),25–34.
- Dunst, C. J., Trivette, C.M., & Masiello, T. (2011). Exploratory investigation of the effects of interest-based learning on the development of young children with autism. (2011). *Autism*,15,295–305.
- Duverger, H., Da Fonseca, D., Bailly, D., & Deruelle, C. (2007). Syndrome d'Asperger et théorie de l'esprit. *L'Encéphale*,33(4),592–597.
- Dynia, J. M., Brock, M.E., Logan, J.A., Justice, L.M., & Kaderavek, J.N. (2016) Comparing children with ASD and their peers' growth in print knowledge. *J Autism Dev Disord*,46,2490–2500.
- Eaves, L. C., & Ho, H. H. (2004). The Very Early Identification of Autism: Outcome to Age 4½–5. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,34(4),367–378.
- Ebert, D. H., & Greenberg, M. E. (2013). Activity-dependent neuronal signalling and autism spectrum disorder. *Nature*,493(7432),327–337.
- Ecker, C., Bookheimer, S., Murphy, & Declan, G. M. (2015). Neuroimaging in autism spectrum disorder: brain structure and function across the lifespan. *Lancet neurology*,14(11),1121-1134.
- Ecker, C., Spooren, W., & Murphy, D. G. M. (2013). Translational approaches to the biology of Autism: false dawn or a new era? *Molecular Psychiatry*,18(4),435–442.
- Ecker, C., Ronan, L., Feng, Y., ...Declan, M. (2013). Intrinsic gray-matter connectivity of the brain in adults with autism spectrum disorder. *Proc Natl Acad Sci*.136,2799–815.

- 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), 29–745.
- Ehlers, S., Nydén, A., Gillberg, C., Sandberg, A. D., Dahlgren, S.-O., Hjelmqvist, E., & Odén, A. (1997). Asperger Syndrome, Autism and Attention Disorders: A Comparative Study of the Cognitive Profiles of 120 Children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38(2), 207–217.
- Eimas, P. D., & Corbit, J. D. (1973). Selective adaptation of linguistic feature detectors. *Cognitive Psychology*, 4(1), 99–109.
- Eigsti, I. M., de Marchena, A.B., Schuh, J.M., & Kelley, E. (2011). Language acquisition in autism spectrum disorders: A developmental review. *Res Autism Spectr Disord*. 5(2), 681–691.
- Ellis Weismer, S., Gernsbacher, A., Stronach, S., Karasinski, C., Eernisse, E., Venker, C., & Sindberg, H. (2011). Lexical and Grammatical Skills in Toddlers on the Autism Spectrum Compared to Late Talking Toddlers. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(8), 1065-1075
- El Zein, F., Solis, M., Lang, R., & Kim, M. K. (2014). Embedding perseverative interest of a child with autism in text may result in improved reading comprehension: A pilot study. *Developmental Neurorehabilitation*, 1–5.
- Estes, K. G., Evans, J. L., Alibali, M. W., & Saffran, J. R. (2007). Can Infants Map Meaning to Newly Segmented Words? Statistical Segmentation and Word Learning. *Psychological Science*, 18(3), 254–260.
- Falter, C. M., Grant, K. C. P., & Davis, G. (2010). Object-based attention benefits reveal selective abnormalities of visual integration in autism. *Autism Research*, 3(3), 128–136.
- Fant, G. (1960). The acoustic theory of speech production. La Haye: Mouton.

- Ferri, R., Elia, M., Agarwal, N., Lanuzza, B., Musumeci, S. A., & Pennisi, G. (2003). The mismatch negativity and the P3a components of the auditory event-related potentials in autistic low-functioning subjects. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 114(9), 1671–1680.
- Ferstl, E. C., Neumann, J., Bogler, C., & Von Cramon, D. Y. (2008). The extended language network: a meta-analysis of neuroimaging studies on text comprehension. *Hum. Brain Mapp*, 29, 581–593.
- Fertier, A. (1995). *Le pouvoir des sons, expériences et protocoles dans le quotidien et le pathologique*. Paris: Ellébore.
- Fink, G. R., Halligan, P. W., Marshall, J. C., Frith, C. D., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. (1996). Where in the brain does visual attention select the forest and the trees? *Nature*, 382(6592), 626–628.
- Fischer, J., Smith, H., Martinez-Pedraza, F., Carter, A. S., Kanwisher, N., & Kaldy, Z. (2016). Unimpaired attentional disengagement in toddlers with autism spectrum disorder. *Developmental science*, 19(6), 1095–1103.
- Falck-Ytter, T., Bölte, S., & Gredebäck, G. (2008). Eye tracking in early autism research. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 5(28), 693–716.
- Flagg, E. J., Cardy, J. E. O., Roberts, W., & Roberts, T. P. L. (2005). Language lateralization development in children with autism: insights from the late field magnetoencephalogram. *Neuroscience Letters*, 86(2), 82–87.
- Floris, D., Lai, M.C., Auer, T., Lombardo, M., Ecker, C., Chakrabarti, B., Wheelwright, S., Bullmore, E., Murphy, D., Baron-Cohen, S., & Suckling, J. (2016). Atypically rightward cerebral asymmetry in male adults with autism stratifies individuals with and without language delay: Atypical Cerebral Asymmetry in Autism. *Human brain mapping*, 37(1), 230–253.
- Fombonne, E. (2003). Epidemiological surveys of autism and other pervasive developmental disorders: an update. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(4), 365–382.

- Foster, N. E., Ouimet, T., Tryfon, A., Doyle-Thomas, K. A. R., & Anagnostou, E. (2012). Enhanced processing of pitch direction in children with autism spectrum disorder. Poster Presented at the International Meeting for Autism Research (IMFAR), Toronto, Canada.
- Fountain, C., Winter, A. S., & Bearman, P. S. (2012). Six Developmental Trajectories Characterize Children With Autism. *Pediatrics*,129(5),e1112–e1120.
- Fournier, K. A., Hass, C. J., Naik, S. K., Lodha, N. & Cauraugh, J. H. (2010). Motor Coordination in Autism Spectrum Disorders: A Synthesis and Meta-Analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,40,1227-1240.
- Frank, C. K., Baron-Cohen, S., & Ganel, B. L. (2014). Sex differences in the neural basis of false-belief and pragmatic language comprehension. *NeuroImage*,105,300–311.
- Frauenfelder, U. H. (2002). La reconnaissance des mots parlés. In : Morais, j. & Florin, A. La maîtrise du langage : au-delà des compétences programmées et des apprentissages conscients. France : Presses Universitaires de Rennes.
- Frazier, T. W., Georgiades, S., Bishop, S. L., & Hardan, A. Y. (2014). Behavioral and cognitive characteristics of females and males with autism in the Simons Simplex Collection. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*,53(3),329-343.
- Frazier, T. W., Strauss, M., Klingemier, E. W., Zetzer, E. E., Hardan, A. Y., Eng, C., & Youngstrom, E. A. (2017). A meta-analysis of gaze differences to social and nonsocial information between individuals with and without autism. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*,56(7),546-555.
- Frith, C. (2003). What do imaging studies tell us about the neural basis of autism? *Novartis Foundation Symposium*,251,149-176.
- Frith, U. (1989). *Autism: Explaining the Enigma*. Malden: Wiley-Blackwell.
- Frith, U. (1992). *L'énigme de l'autisme*. Paris: Odile Jacob.
- Frith, U. (1996). Cognitive explanations of autism. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992). Supplement*, 416,63–68.

- Frith, U. (2004). Emanuel Miller lecture: Confusions and controversies about Asperger syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(4), 672–686.
- Froehlich, A. L., Anderson, J. S., Bigler, E. D., Miller, J. S., Lange, N. T., DuBray, M. B., ... Lainhart, J. E. (2012). Intact prototype formation but impaired generalization in autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(2), 921–930.
- 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.
- Gaigg, S. B., Gardiner, J. M., & Bowler, D. M. (2008). Free recall in autism spectrum disorder: The role of relational and item-specific encoding. *Neuropsychologia*, 46(4), 983–992.
- Gale, M. (2012). Adolescents with Asperger's: the effects of special interest areas. In *Research Papers. Paper 209*. Southern Illinois University Carbondale.
- Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 14–21.
- Gardiner, J. M. (2008). Concepts and theories of memory. In J. Boucher & D. Bowler (Eds.), *Memory in autism: Theory and evidence*, 3–20. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gardner, M. F. (1982). Test of visual–perceptual skills (non-motor). Burlingame, CA. *Psychological & Educational Publications*.
- Gass-David, S.J. (2013). Understanding circumscribed interests in individuals with autism-spectrum disorders and how they relate to families (Masters Theses). Laurentian University of Sudbury.
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1989). Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, 28(2), 200–213.

- Gathercole, S.E., & Baddeley, A.D. (2014). Working memory and language. *Psychology Press*
- Gathercole, S. E., Frankish, C. R., Pickering, S. J., & Peaker, S. (1999). Phonotactic influences on short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*,25(1), 84–95.
- Gaugler, T., Klei, L., Sanders, S. J., Bodea, C. A., Goldberg, A. P., Lee, A. B., ... Ripke, S. (2014). Most genetic risk for autism resides with common variation. *Nature genetics*,46(8),881.
- Gepner, B. (2001). "Malvoyance ? du mouvement dans l'autisme infantile ? : Une nouvelle approche neuropsychopathologique développementale. *La psychiatrie de l'enfant*,44(1),77.
- Gepner, B., Massion, J., Tardif, C., Gorgy, O., Livet, M.O., Denis, D., Roman, S., Mancini, J., Chabrol, B., & Mestre, D. (2002). Caractérisation clinique des sujets autistes ayant participé au programme de recherche « L'autisme : une pathologie du codage temporelle ? *Travaux Interdisciplinaires Du Laboratoire Parole et Langage*,21,184–191.
- Gepner, B., & Tardif, C. (2006). Autism, movement, time and thought. *E-motion mis-sight* and other temporo-spatial processing disorders in autism. In M. Vanchevsky (Ed.), *Frontiers in cognitive psychology*,71-101. New York: Nova Sciences Publishers.
- Gervais, H., Belin, P., Boddaert, N., Leboyer, M., Coez, A., Sfaello, I., ... Zilbovicius, M. (2004). Abnormal cortical voice processing in autism. *Nature Neuroscience*,7(8),801–802.
- Geschwind, D. H., & Levitt, P. (2007). Autism spectrum disorders : developmental disconnection syndromes. *Current Opinion in Neurobiology*,17(1),103–111.
- Getz, I. & Lubart, T.I. (2001). Psychologie, économie et créativité. Exploration de leurs interactions. *Psychologie Française*,46,65–378.



- Ghaziuddin, M. (2011). Asperger disorder in the DSM-V: sacrificing utility for validity. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*,50(2),192–193.
- Ghaziuddin, M., & Gerstein, L. (1996). Pedantic speaking style differentiates Asperger syndrome from high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,26(6),585–595.
- Ghaziuddin, M., Thomas, P., Napier, E., Kearney, G., Tsai, L., Welch, K., & Fraser, W. (2000). Brief report: Brief syntactic analysis in Asperger syndrome: A preliminary study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,30(1),67-70.
- Gilbert, C. D., & Sigman, M. (2007). Brain states: top-down influences in sensory processing. *Neuron*, 54(5),677-696.
- Gilchrist, A., Green, J., Cox, A., Burton, D., Rutter, M., & Le Couteur, A. (2001). Development and current functioning in adolescents with Asperger syndrome: a comparative study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*,42(2),27–240.
- Gillberg, C. (1991). Clinical and neurobiological aspects of Asperger Syndrome in six family studies. In U. Frith. *Autism and Asperger Syndrome*. Cambridge: University Press.
- Gillberg, C., Ehlers, F. & Wing, L. (1999). A screening questionnaire for Asperger syndrome and other high functioning autism spectrum disorders in school age children. *Journal of Autism Development Disorder*,29(129).
- Gillberg, C., Fernell, E., & Minnis, H. (2013). Early Symptomatic Syndromes Eliciting Neurodevelopmental Clinical Examinations. *The Scientific World Journal*,1–2.
- Gillberg, I. C., & Gillberg, C. (1989). Asperger Syndrome? Some Epidemiological Considerations: A Research Note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,30(4),631–638.
- Gillot J. (2011). *La locomotive à vapeur, Hors-série no 3 et 4*.

- Giuliani, P., & El Korh, P. (2016). Troubles du spectre de l'autisme : stratégies compensatoires. *Neurology, Psychiatry and Psychotherapy*,167(4),125–129.
- Gliga, T., Bedford, R., Charman, T., Johnson, M. H., Baron-Cohen, S., Bolton, P., ... Tucker, L. (2015). Enhanced visual search in infancy predicts emerging autism symptoms. *Current Biology*, 25(13), 1727–1730.
- Goddard, L., Howlin, P., Ditschel, B., & Patel, T. (2007). Autobiographical memory and social problem-solving in Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,37,291–300.
- Gold, R., Faust, M., & Goldstein, A. (2010). Semantic integration during metaphor comprehension in Asperger syndrome. *Brain and Language*,113(3),124–134.
- Goldberg, M.C., Mostow, A., Vecera, S., ...Denckla, M. (2008). Evidence for Impairments in Using Static Line Drawings of Eye Gaze Cues to Orient Visual-Spatial Attention in Children with High Functioning Autism. *Journal Autism Dev Disord*.38,1405–13.
- Goldstein, G., Johnson, C. R., & Minshew, N. J. (2001). Attentional processes in autism. *Journal of autism and developmental disorders*,31(4),433-440.
- Gomot, M., & Wicker, B. (2012). A challenging, unpredictable world for people with Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Psychophysiology*,83(2),240–247.
- Gomot, M., Belmonte, M. K., Bullmore, E. T., Bernard, F. A., & Baron-Cohen, S. (2008). Brain hyper-reactivity to auditory novel targets in children with high-functioning autism. *Brain*,131(9), 2479–2488.
- Gomot, M., Giard, M.-H., Adrien, J.-L., Barthelemy, C., & Bruneau, N. (2002). Hypersensitivity to acoustic change in children with autism: electrophysiological evidence of left frontal cortex dysfunctioning. *Psychophysiology*,39(5),577–584.
- Goodman, J. (1972). A case study of an autistic savant: Mental function in the psychotic child markedly discrepant abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,13(4),267–278.

- Gougoux, F., Zatorre, R. J., Lassonde, M., Voss, P., & Lepore, F. (2005). A Functional Neuroimaging Study of Sound Localization: Visual Cortex Activity Predicts Performance in Early-Blind Individuals. *PLoS Biology*,3(2),e27.
- Gowen, E., & Hamilton, A. (2013). Motor Abilities in Autism: A Review Using a Computational Context. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,43(2),323–344.
- Graf Estes, K., Edwards, J., & Saffran, J. R. (2011). Phonotactic constraints on infant word learning. *Infancy: The Official Journal of the International Society on Infant Studies*,16(2),180–197.
- Grandin, T. (2006). *Penser en images et autres témoignages sur l'autisme*. Paris: Odile Jacob.
- Grandin, T. (2009). How does visual thinking work in the mind of a person with autism? A personal account. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*,364(1522), 1437–1442.
- Grandin, T., Panek, R. (2014). *Dans le cerveau des autistes*. Paris : Odile Jacob.
- Grandin, T. (1994). *Ma vie d'autiste*. Paris : Odile Jacob.
- Gras-Vincendon, A., Bursztein, C., & Danion, J.-M. (2008). Fonctionnement de la mémoire chez les sujets avec autisme. *L'Encéphale*, 34(6),550–556.
- Grelotti, D. J., Klin, A. J., Gauthier, I., Skudlarski, P., Cohen, D. J., Gore, J. C., ... Schultz, R. T. (2005). fMRI activation of the fusiform gyrus and amygdala to cartoon characters but not to faces in a boy with autism. *Neuropsychologia*,43(3),373–385.
- Grigorenko, E. L., Klin, A., & Volkmar, F. (2003). Annotation: Hyperlexia: disability or superability? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,44(8),1079–1091.
- Grigorenko, E.L., Klin, A., Pauls, D.L., Senft, R., Hooper, C., Volkmar, F. (2002). A descriptive study of hyperlexia in a clinically referred sample of children with developmental delays. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,32,3–12.

- Grinter, E. J., Maybery, M. T., Pellicano, E., Badcock, J. C., & Badcock, D. R. (2010). Perception of shapes targeting local and global processes in autism spectrum disorders: Shape perception in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(6), 717–724.
- Gross, T. (2005). Global–Local Precedence in the Perception of Facial Age and Emotional Expression by Children with Autism and Other Developmental Disabilities. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 35(6), 773–785.
- Grossi, E., Compare, A., & Buscema, M. (2014). The concept of individual semantic maps in clinical psychology: a feasibility study on a new paradigm. *Quality & Quantity*, 48(1), 15–35.
- Grove, R., Hoekstra, R. A., Wierda, M., & Begeer, S. (2018). Special interests and subjective wellbeing in autistic adults. *Autism Research*, 11(5), 766–775.
- Grzadzinski, R., Huerta, M., & Lord, C. (2013). DSM-5 and autism spectrum disorders (ASDs): an opportunity for identifying ASD subtypes. *Molecular Autism*, 4(1), 12.
- Gueguin, M., Le Bouquin-Jeannes, R., Faucon, G., Chauvel, P., & Liegeois-Chauvel, C. (2007). Evidence of functional connectivity between auditory cortical areas revealed by amplitude modulation sound processing. *Cereb Cortex*, 17(2), 304–313.
- Guillery, B., Eustache, F. (2011). Fonctionnement mnésique dans l'autisme, un paradoxe. *Lettre des neurosciences*, 41.
- Gunn, K. C. M., & Delafield-Butt, J. T. (2015). Teaching Children With Autism Spectrum Disorder With Restricted Interests: A Review of Evidence for Best Practice. *Review of Educational Research*, 86(2), 408–430.
- Gutman, A., Dautriche, I., Crabbé, B., & Anne, C. (2015). Bootstrapping the syntacticBootstrapper: probabilistic labeling of prosodic phrases. *A Journal of Developmental Linguistics*, 3(22), 285–309.

- Guy, J., Mottron, L., Berthiaume, C., & Bertone, A. (2019). A Developmental Perspective of Global and Local Visual Perception in Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,*49*(7),2706–2720.
- Hackett, T. A., de la Mothe, L. A., Camalier, C. R., Falchier, A., Lakatos, P., Kajikawa, Y., & Schroeder, C. E. (2014). Feedforward and feedback projections of caudal belt and parabelt areas of auditory cortex: refining the hierarchical model. *Front Neurosci*,*8*,72.
- Hahamy, A., Behrmann, M., & Malach, R. (2015). The idiosyncratic brain: distortion of spontaneous connectivity patterns in autism spectrum disorder. *Nature Neuroscience*,*18*(2),302–309.
- Haley, D. W., Grunau, R. E., Oberlander, T. F., & Weinberg, J. (2008). Contingency Learning and Reactivity in Preterm and Full-Term Infants at 3 Months. *Infancy*,*13*(6),570–595.
- Happé, F. (1999). Autism: cognitive deficit or cognitive style? *Trends in Cognitive Sciences*,*3*(6),216–222.
- Happé, F. (2011). Criteria, Categories, and Continua: Autism and Related Disorders in DSM-5. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*,*50*(6),540–542.
- Happé, F. G. E., & Booth, R. D. L. (2008). The Power of the Positive: Revisiting Weak Coherence in Autism Spectrum Disorders. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*,*61*(1),50–63.
- 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.
- Happé, F., & Vital, P. (2009). What aspects of autism predispose to talent? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*,*364*(1522),369–1375.
- Happé, F., Ronald, A., & Plomin, R. (2006). Time to give up on a single explanation for autism. *Nature Neuroscience*,*9*(10),1218–1220.

- Harbison, A. L., McDaniel, J., & Yoder, P. J. (2017). The association of imperative and declarative intentional communication with language in young children with autism spectrum disorder: A meta-analysis. *Research in Autism Spectrum Disorders*,36,21–34.
- Hare, D. J., Mellor, C., & Azmi, S. (2007). Episodic memory in adults with autistic spectrum disorders: Recall for self- versus other experienced events. *Research in Developmental Disabilities*,28, 317–329.
- 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.
- Hayward, D. A., Shore, D. I., Ristic, J., Kovshoff, H., Iarocci, G., Mottron, L., & Burack, J. A. (2012). Flexible Visual Processing in Young Adults with Autism: The Effects of Implicit Learning on a Global–Local Task. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,42(11),2383–2392.
- Hazan, V., & Barrett, S. (2000). The development of phonemic categorization in children aged 6–12. *Journal of Phonetics*,28(4),377–396.
- Hazen, E. P., Stornelli, J. L., O'Rourke, J. A., Koesterer, K., & McDougle, C. J. (2014). Sensory symptoms in autism spectrum disorders. *Harvard Review of Psychiatry*,2(2),112–124.
- Hazlett, H.C., Poe, M., Gerig, G.,...Piven, J. (2005). Magnetic resonance imaging and head circumference study of brain size in autism: birth through age 2 years. *Arch Gen Psychiatry*. 62,1366–76.
- Hazlett, H. C., Poe, M. D., Lightbody, A. A., Gerig, G., MacFall, J. R., Ross, A. K., ... Piven, J. (2009). Teasing apart the heterogeneity of autism: Same behavior, different brains in toddlers with fragile X syndrome and autism. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*,1(1),81–90.
- Heaton, P. (2003). Pitch memory, labelling and disembedding in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,44(4),543–551.

- Heaton, P. (2005). Interval and Contour Processing in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35(6), 787–793.
- Heaton, P., Davis, R. E., & Happé, F. G. E. (2008). Research note: Exceptional absolute pitch perception for spoken words in an able adult with autism. *Neuropsychologia*, 46(7), 2095–2098.
- Heaton, P., Davis, R., & Happé, F. (2008a). Exceptional absolute pitch perception for spoken words in an able adult with autism. *Neuropsychologia*, 46, 2095–2098.
- Heaton, P., Williams, K., Cummins, O., & Happé, F. (2008). Autism and pitch processing splinter skills: A group and subgroup analysis. *Autism*, 12(2), 203–219.
- Heavey, L., Pring, L., & Hermelin, B. (1999). A date to remember: the nature of memory in savant calendrical calculators. *Psychological Medicine*, 29(1), 45–160.
- Helmholtz, H. von, & Klein, N. T. (1867). *Optique physiologique*. Masson.
- Herbert, M. R., Harris, G. J., Adrien, K. T., Ziegler, D. A., Makris, N., Kennedy, D. N., ... Caviness, V. S. (2002). Abnormal asymmetry in language association cortex in autism. *Annals of Neurology*, 52(5), 588–596.
- Hertrich, I., Dietrich, S., & Ackermann, H. (2013). Tracking the speech signal – Time-locked MEG signals during perception of ultra-fast and moderately fast speech in blind and in sighted listeners. *Brain and Language*, 124(1), 9–21.
- Hesling, I., Dilharreguy, B., Peppé, S., Amirault, M., Bouvard, M., & Allard, M. (2010). The Integration of Prosodic Speech in High Functioning Autism: A Preliminary fMRI Study. *PLoS ONE*, 5(7), e11571.
- Hill, E. L. (2004a). Evaluating the theory of executive dysfunction in autism. *Developmental Review*, 24(2), 189–233.
- Hill, E. L. (2004b). Executive dysfunction in autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(1), 26–32.

- Hippler, K., & Klicpera, C. (2003). A retrospective analysis of the clinical case records of “autistic psychopaths” diagnosed by Hans Asperger and his team at the University Children’s Hospital, Vienna. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1430),291–301.
- Hirstein, W., Iversen, P., & Ramachandran, V. S. (2001). Autonomic responses of autistic children to people and objects. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1479),1883–1888.
- Hobson, R. P., Hobson, J. A., García-Pérez, R., & Du Bois, J. (2012). Dialogic Linkage and Resonance in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,42(12),2718–2728.
- Holliday Willey. L. (2008). *Vivre avec le syndrome d’Asperger*. Bruxelles : De Boeck.
- Horiot Hugo. (2013). *L’empereur, c’est moi. Récit*. Paris : L’Iconoclaste.
- Howlin, P. (1982). Echolalic and spontaneous phrase speech in autistic children. *Journal of child psychology and psychiatry*,23(3),281-293.
- Howlin, P. (2000). Assessment Instruments for Asperger Syndrome. *Child and Adolescent Mental Health*,5(3),120–129.
- Howlin, P. (2003). Outcome in high-functioning adults with autism with and without early language delays: implications for the differentiation between autism and Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,33(1),3–13.
- Howlin, P., Goode, S., Hutton, J., & Rutter, M. (2009). Savant skills in autism: psychometric approaches and parental reports. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1522),1359–1367.
- Howlin, P., Savage, S., Moss, P., Tempier, A., & Rutter, M. (2014). Cognitive and language skills in adults with autism: a 40-year follow-up. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,55(1),49–58.
- <http://alpage.inria.fr/frmgwiki/>. [La documentation collaborative de la metagrammaire française].
- <http://chroniquesdesmondesinvisibles.wordpress.com/>.



<http://www.ritme.com>.

<https://commons.wikimedia.org>.

<https://statistica.fr.softonic.com/>.

<https://www.pstnet.com/eprime.cfm>.

<https://fr.wikipedia.org/>

<https://www.larousse.fr/>

Hubert, B., Wicker, B., Moore, D.G., Monfardini, E., Duverger, H., Da Fonséca, D., & Deruelle, C. (2007). Brief report: recognition of emotional and non-emotional biological motion in individuals with autistic spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*.37(7),1386–92.

Hübner, R. (1997). The effect of spatial frequency on global precedence and hemispheric differences. *Perception & Psychophysics*,59(2),187–201.

Hudry, K., Leadbitter, K., Temple, K., ...Charman, T. (2010). Preschoolers with autism show greater impairment in receptive compared with expressive language abilities. *Int J Lang Commun Disord*.45(6),681–690

Hughes, H. C., Nozawa, G., & Kitterle, F. (1996). Global Precedence, Spatial Frequency Channels, and the Statistics of Natural Images. *Journal of Cognitive Neuroscience*,8(3),197–230.

Hulme, C., Maughan, S., & Brown, G. D. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*,30(6),685–701.

Hus, V., Taylor, A., & Lord, C. (2011). Telescoping of caregiver report of the autism diagnostic interview-revised. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,52(7).

Hyde, K. L., Samson, F., Evans, A. C., & Mottron, L. (2009). Neuroanatomical differences in brain areas implicated in perceptual and other core features of autism revealed by cortical thickness analysis and voxel-based morphometry. *Human Brain Mapping*,4(31),556-566.

- Hyde, K. L., Foster, N. E., Simard-Meilleur, A. A., & Mottron, L. (2011). Enhanced perception of pitch direction in young adults with autism spectrum disorder. Presented at the 10th International Meeting for Autism Research, San Diego, CA.
- Iarocci, G., Burack, J. A., Shore, D. I., Mottron, L., & Enns, J. T. (2006). Global–Local Visual Processing in High Functioning Children with Autism: Structural vs. Implicit Task Biases. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 117–129.
- Iarocci, G., Rombough, A., Yager, J., Weeks, D. J., & Chua, R. (2010). Visual influences on speech perception in children with autism. *Autism*, 14(4), 305–320.
- Iossifov, I., O’Roak, B. J., Sanders, S. J., Ronemus, M., Krumm, N., Levy, D. & Wigler, M. (2014). The contribution of de novo coding mutations to autism spectrum disorder. *Nature*, 515(7526), 216–221.
- Itier, R. J., Batty, M. (2009). Neural bases of eye and gaze processing: the core of social cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 843–863.
- Izadi-Najafabadi, S., Mirzakhani-Araghi, N., Miri-Lavasani, N., Nejati, V., & Pashazadeh-Azari, Z. (2015) Implicit and explicit motor learning: application to children with autism spectrum disorder (ASD). *Res Dev Disabil*. 47, 284–296.
- Jacobs, L. F., & Schenk, F. (2003). Unpacking the cognitive map: the parallel map theory of hippocampal function. *Psychol Rev*. 110(2), 285–315.
- Jacques, C., Courchesne, V., Meilleur, A.A., Mineau, S., Ferguson, S., Cousineau, D., Labbe, A., Dawson, M., Mottron, L., & Pavlova, M. (2018). What interests young autistic children? An exploratory study of object exploration and repetitive behavior. *PLoS one*, 13 (12), p.e0209251
- Jacquier, C. (2008). *Étude d’indices acoustiques dans le traitement temporel de la parole chez des adultes normo-lecteurs et des adultes dyslexiques* (Thèse de doctorat en Sciences cognitives.). Université Lumière Lyon 2.

- Jakobson, R. (1973). *Essais de linguistique générale : rapports internes et externes du langage. Tome 2.* (Editions de Minuit).
- Jansson-Verkasalo, E., Ceponiene, R., Kielinen, M., Suominen, K., Jäntti, V., Linna, S. L., ... Näätänen, R. (2003). Deficient auditory processing in children with Asperger Syndrome, as indexed by event-related potentials. *Neuroscience Letters*,338(3),197–200.
- Jarrold, C., & Russell, J. (1997). Counting abilities in autism: possible implications for central coherence theory. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,27(1),25–37.
- 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.
- Järvinen-Pasley, A., & Heaton, P. (2007). Evidence for reduced domain-specificity in auditory processing in autism. *Developmental Science*,10(6),786–793.
- Järvinen-Pasley, A., Pasley, J., & Heaton, P. (2008). Is the Linguistic Content of Speech Less Salient than its Perceptual Features in Autism? *Journal of Autism and Developmental Disorders*,38(2),239–248.
- Järvinen-Pasley, A., Wallace, G. L., Ramus, F., Happé, F., & Heaton, P. (2008). Enhanced perceptual processing of speech in autism. *Developmental Science*,11(1),09–121.
- Jemel, B., Mottron, L., & Dawson, M. (2006). Impaired face processing in autism: Fact or artifact? *Journal of autism and developmental disorders*,36(1),91-106.
- Jersild, A. T. (1927). *Mental set and shift* (Vol. Whole No. 89).
- Jolliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1999). A test of central coherence theory: linguistic processing in high-functioning adults with autism or Asperger syndrome: is local coherence impaired? *Cognition*, 71(2),149–185.

- Jones, C. R. G., Happé, F., Baird, G., Simonoff, E., Marsden, A. J. S., Tregay, J., ... Charman, T. (2009). Auditory discrimination and auditory sensory behaviours in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 47(13), 2850–2858.
- Jones, C. R. G., Happé, F., Golden, H., Marsden, A. J. S., Tregay, J., Simonoff, E., ... Charman, T. (2009). Reading and arithmetic in adolescents with autism spectrum disorders: Peaks and dips in attainment. *Neuropsychology*, 23(6), 718–728.
- Jordan, C. J., & Caldwell-Harris, C. L. (2012). Understanding Differences in Neurotypical and Autism Spectrum Special Interests Through Internet Forums. *Intellectual and Developmental Disabilities*, 50(5), 391–402.
- Joseph, R. M., Steele, S. D., Meyer, E., & Tager-Flusberg, H. (2005). Self-ordered pointing in children with autism: failure to use verbal mediation in the service of working memory? *Neuropsychologia*, 1, 43(10), 1400–11
- Joseph, R. M., & Tager-Flusberg, H. (2004). The relationship of theory of mind and executive functions to symptom type and severity in children with autism. *Development and Psychopathology*, 16(1).
- Joseph, R. M., Keehn, B., Connolly, C., Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2009). Why is visual search superior in autism spectrum disorder? Visual search in ASD. *Developmental Science*, 12(6), 1083–1096.
- Jusczyk, N. (1999). How infants begin to extract words from speech. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(9), 323–328.
- Just, M. A. (2004). Cortical activation and synchronization during sentence comprehension in high-functioning autism: evidence of underconnectivity. *Brain*, 127(8), 1811–1821.
- Just, M. A., Cherkassky, V. L., Keller, T. A., Kana, R. K., & Minshew, N. J. (2007). Functional and Anatomical Cortical Underconnectivity in Autism: Evidence from an fMRI Study of an Executive Function Task and Corpus Callosum Morphometry. *Cerebral Cortex*, 17(4), 951–961.

- Kaland, N. (2011). Brief report; should Asperger syndrome be excluded from the forthcoming DSM-V? *Research in Autism Spectrum Disorders*,5,984–989.
- Kaland, N., Callesen, K., Møller-Nielsen, A., Mortensen, E. L., & Smith, L. (2008). Performance of Children and Adolescents with Asperger Syndrome or High-functioning Autism on Advanced Theory of Mind Tasks. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,38(6),1112–1123.
- 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: Toddlers with ASD are more successful at visual search. *Developmental Science*,14(5),980–988.
- Kamio, Y., & Toichi, M. (2000). Dual Access to Semantics in Autism: Is Pictorial Access Superior to Verbal Access? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,41(7),859–867.
- Kamio, Y., & Toichi, M. (2007). Memory Illusion in High-Functioning Autism and Asperger's Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,37(5),867–876.
- Kamio, Y., Robins, D., Kelley, E., Swainson, B., & Fein, D. (2007). Atypical Lexical/Semantic Processing in High-Functioning Autism Spectrum Disorders without Early Language Delay. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,37(6),1116–1122
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*,2,217–250.
- Kasai, K., Hashimoto, O., Kawakubo, Y., Yumoto, M., Kamio, S., Itoh, K., ... Kato, N. (2005). Delayed automatic detection of change in speech sounds in adults with autism: A magnetoencephalographic study. *Clinical Neurophysiology*,116(7),1655–1664.

- Kaufmann, W. E., Kidd, S.A., Andrews, H.F., Budimirovic, D.B., Esler, A., Haas-Givler, B., Stackhouse, T., Riley, C., Peacock, G., Sherman, S.L., Brown, W.T., & Berry-Kravis, E. (2017). Autism Spectrum Disorder in Fragile X Syndrome: Cooccurring Conditions and Current Treatment. *Pediatrics*,139(Suppl 3):194–206.
- Keehn, B., Brenner, L. A., Ramos, A. I., Lincoln, A. J., Marshall, S. P., & Müller, R.-A. (2009). Brief Report: Eye-Movement Patterns During an Embedded Figures Test in Children with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,39(2),383–387.
- Keehn, B., Brenner, L., Palmer, E., Lincoln, A. J., & Müller, R.-A. (2008). Functional brain organization for visual search in ASD. *Journal of the International Neuropsychological Society*,14(6),990.
- Kéïta, L., Mottron, L., Dawson. M., Bertone. A. (2011). *Atypical lateral connectivity: A neural basis for altered visuospatial processing in Autism*. Archival Reports.
- Kelleher, R. J., & Bear, M. F. (2008). The Autistic Neuron: Troubled Translation? *Cell*,135(3),401–406.
- Kent, R. D., & Moll, K. L. (1969). Vocal-Tract Characteristics of the Stop Cognates. *The Journal of the Acoustical Society of America*,46(6B),549–1555.
- Kern, J. K., Trivedi, M. H., Garver, C. R., Grannemann, B. D., Andrews, A. A., Savla, J. S., ... Schroeder, J. L. (2006). The pattern of sensory processing abnormalities in autism. *Autism*,10(5),480–494.
- Kewley-Port, D. (1983). Time-varying features as correlates of place of articulation in stop consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*,73(1),322–335.
- Khalfa, S., Bruneau, N., Rogé, B., Georgieff, N., Veuillet, E., Adrien, J.-L., ... Collet, L. (2004). Increased perception of loudness in autism. *Hearing Research*,198(1–2),87–92.

- King, J., Prigge, M., King, C., Morgan, J., Dean III, D., Freeman, A., Villaruz, J., Kane, K., Bigler, B., Alexander, A., Lange, N., Zielinski, B., Lainhart, J. & Anderson, J. (2018). Evaluation of Differences in Temporal Synchrony Between Brain Regions in Individuals With Autism and Typical Development. *JAMA Netw Open*,1(7):e184777.
- Kimchi, R. (1992). Primacy of wholistic processing and global/local paradigm: a critical review. *Psychological Bulletin*,112(1),24–38.
- Kimchi, R. (1998). Uniform connectedness and grouping in the perceptual organization of hierarchical patterns. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*,24(4), 1105–1118.
- Kissine, M. (2012). Pragmatics, Cognitive Flexibility and Autism Spectrum Disorders. *Mind & Language*, 27(1),1–28.
- Kissine, M., Luffin, X., Aiad, F., Bourourou, R. & Gaddour, V. (2019) Non-colloquial Arabic in Tunisian children with Autism Spectrum Disorder. A possible instance of language acquisition in a non-interactive context, *Language Learning*,69(1),44-70.
- 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.
- Kjellmer, L., Fernell, E., Gillberg, C., & Norrelgen, F. (2018). Speech and language profiles in 4- to 6-year-old children with early diagnosis of autism spectrum disorder without intellectual disability. *Neuropsychiatric disease and treatment*,14,2415.
- Kjellmer, L., Hedvall, Å., Holm, A., Fernell, E., Gillberg, C., & Norrelgen, F. (2012). Language comprehension in preschoolers with autism spectrum disorders without intellectual disability: Use of the Reynell Developmental Language Scales. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(3),1119–1125.

- Klam, F., Petit, J., Grantyn, A., & Berthoz, A. (2001). Predictive elements in ocular interception and -tracking of a moving target by untrained cats. *Exp Brain Res*,139(2),233– 47.
- Klin, A. & Volkmar, F.R. (2000). Treatment and intervention guidelines for individuals with Asperger syndrome. In A. Klin, F.R. Volkmar & S.S. Sparrow (Eds), *Asperger syndrome*. Guilford Press, 340–366.
- Klin, A., & Volkmar, E R. (1996). *Yale Survey of Special Interests*. *Unpublished Manuscript*.
- 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., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism. *Archives of General Psychiatry*,59(9),809–816.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002a). Defining and quantifying the social phenotype in autism. *The American Journal of Psychiatry*,159(6),895–908.
- 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.
- Kline, P. (1986). *A handbook of test construction: Introduction to psychometric design*. Methuen.
- Klusek, J., Martin, G.E., & Losh, M. (2014). Consistency between research and clinical diagnoses of autism among boys and girls with fragile X syndrome. *Journal of Intellectual Disabilities Research*,58, 940–952.



- Kluth, P. & Schwarz, P. (2008). *Just Give Him the Whale: 20 Ways to Use Fascinations, Areas of Expertise, and Strengths to Support Students with Autism*. Paul H. Brookes Publishing Co.
- Koenig, K., & Hough Williams, L. (2017). Characterization and Utilization of Preferred Interests: A Survey of Adults on the Autism Spectrum. *Occupational Therapy in Mental Health*,33(2), 129–140.
- Koh, H.C., Milne, E., & Dobkins, K. (2010). Contrast sensitivity for motion detection and direction discrimination in adolescents with autism spectrum disorders and their siblings. *Neuropsychologia*,48,4046-4056.
- Köhler, W. (1929). *Gestalt psychology*. New York: Liveright.
- Kohls, G., Chevallier, C., Troiani, V., & Schultz, R. T. (2012). Social “wanting” dysfunction in autism: neurobiological underpinnings and treatment implications. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*,4(1).
- Kohls, G., Peltzer, J., Schulte-Rüther, M., Kamp-Becker, I., Remschmidt, H., Herpertz-Dahlmann, B., & Konrad, K. (2011). Atypical Brain Responses to Reward Cues in Autism as Revealed by Event-Related Potentials. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,41(11),1523–1533.
- Kolinsky, R., Pattamadilok, C., & Morais, J. (2012). The impact of orthographic knowledge on speech processing. Ilha do Desterro. *Florianópolis*,63,161-186,244,246-247,249-250.
- Koldewyn, K., Jiang, Y. V., Weigelt, S., & Kanwisher, N. (2013). Global/Local Processing in Autism: Not a Disability, but a Disinclination. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,43(10),2329–2340.
- Koshino, H., Carpenter, P. A., Minshew, N. J., Cherkassky, V. L., Keller, T. A., & Just, M. A. (2005). Functional connectivity in an fMRI working memory task in high-functioning autism. *NeuroImage*,24(3),810–821.
- Kourkoulou, A., Leekam, S. R., & Findlay, J. M. (2012). Implicit Learning of Local Context in Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,42(2),244–256.

- Kover, S. T., & Ellis Weismer, S. (2014). Lexical Characteristics of Expressive Vocabulary in Toddlers With Autism Spectrum Disorder. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(4), 1428–1441.
- Kover, S. T., McDuffie, A. S., Hagerman, R. J., & Abbeduto, L. (2013). Receptive Vocabulary in Boys with Autism Spectrum Disorder: Cross-Sectional Developmental Trajectories. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(11), 2696–2709.
- Koyama, T., Tachimori, H., Osada, H., Takeda, T., & Kurita, H. (2007). Cognitive and symptom profiles in Asperger's syndrome and high-functioning autism. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 61(1), 99–104.
- Krasimirova, T., Mcbean, H., & Earl, P. (2019). Biological motion perception in autism spectrum disorder: a meta-analysis. *Molecular autism*, 10(1), 49–28.
- Krumm, N., O'Roak, B. J., Shendure, J., & Eichler, E. E. (2014). A de novo convergence of autism genetics and molecular neuroscience. *Trends in Neurosciences*, 37(2), 95–105.
- Kryzak, L. A., Cengher, M., Feeley, K. M., Fienup, D. M., & Jones, E. A. (2015). A community support program for children with autism and their typically developing siblings: Initial investigation. *Journal of Intellectual Disabilities*, 19(2), 159–177.
- Kuhl, P. K. (2000). A new view of language acquisition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(22), 11850–11857.
- Kuhl, P. K., Conboy, B. T., Coffey-Corina, S., Padden, D., Rivera-Gaxiola, M., & Nelson, T. (2008). Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded (NLM-e). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1493), 979–1000.
- Kujala, T., Lepistö, T., & Näätänen, R. (2013). The neural basis of aberrant speech and audition in autism spectrum disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(4), 697–704.

- Kujala, T., Lepistö, T., Nieminen-von Wendt, T., Näätänen, P., & Näätänen, R. (2005). Neurophysiological evidence for cortical discrimination impairment of prosody in Asperger syndrome. *Neuroscience Letters*, 383(3), 260–265.
- Kunce, L., & Mesibov, G. B. (1998). Educational Approaches to High-Functioning Autism and Asperger Syndrome. In E. Schopler, G. B. Mesibov, & L. J. Kunce (Eds.), *Asperger Syndrome or High-Functioning Autism?* 227–261. Boston, MA: Springer US.
- Kunda, M., & Goel, A. K. (2011). Thinking in Pictures as a Cognitive Account of Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(9), 1157–1177.
- Kupers, R., Pappens, M., de Noordhout, A. M., Schoenen, J., Ptito, M., & Fumal, A. (2007). rTMS of the occipital cortex abolishes Braille reading and repetition priming in blind subjects. *Neurology*, 68(9), 691–693.
- Kupperman, P. (1997). Precocious reading skills may signal hyperlexia. *The Brown University Child and Adolescent Behavior Letter*, 13, 2–4.
- Kwok, E.Y.L., Brown, H.M., Smyth, R.E., Oram Cardy, J., & Cardy, J.O. (2015). Metaanalysis of receptive and expressive language skills in autism spectrum disorder. *Res Autism Spectr Disord*, 9, 202–222.
- La Malfa, G., Lassi, S., Bertelli, M., Salvini, R., & Placidi, G. F. (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.
- Lafleur, A., Soulières, I., & Forgeot d’Arc, B. (2016). Social Cognition and the Sense of Agency in Autism: From Action to Interaction. *Neurosciences affectives et santé mentale*, 41(1).
- Lai, Janie Y. (2011). *Narrative discourse in school-age children with high-functioning autism*. San Diego State University.
- Lai, C. L. E., Lau, Z., Lui, S. S. Y., Lok, E., Tam, V., Chan, Q., . . . Cheung, E. F. C. (2017). Meta-analysis of neuropsychological measures of executive functioning in children and adolescents with high-functioning autism spectrum disorder. *Autism Research*, 10(5), 911–939.

- Lai, M.-C., Lombardo, M. V., Ecker, C., Chakrabarti, B., Suckling, J., Bullmore, E. T., ... Baron-Cohen, S. (2015). Neuroanatomy of Individual Differences in Language in Adult Males with Autism. *Cerebral Cortex*,25(10),3613–3628.
- Lai, M.-C., Lombardo, M. V., Suckling, J., Ruigrok, A. N. V., Chakrabarti, B., Ecker, C., ... Baron-Cohen, S. (2013). Biological sex affects the neurobiology of autism. *Brain*,136(9),2799–2815.
- Lam, K. S. L., Bodfish, J. W., & Piven, J. (2008). Evidence for three subtypes of repetitive behavior in autism that differ in familiarity and association with other symptoms: Evidence for three subtypes of repetitive behavior in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,49(11), 1193–1200.
- Lamb, M. R., & Robertson, L. C. (1988). The processing of hierarchical stimuli: Effects of retinal locus, locational uncertainty, and stimulus identity. *Perception & Psychophysics*,44(2),172–181.
- Lamb, M. R., Robertson, L. C., & Knight, R. T. (1990). Component mechanisms underlying the processing of hierarchically organized patterns: Inferences from patients with unilateral cortical lesions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*,16(3),471–483.
- Lambon Ralph, M. A., Patterson, K., & Hodges, J. R. (1997). The relationship between naming and semantic knowledge for different categories in dementia of Alzheimer's type. *Neuropsychologia*,35(9),1251–1260.
- Lanter, E., Watson, L. R., Erickson, K. A., & Freeman, D. (2012). Emergent Literacy in Children With Autism: An Exploration of Developmental and Contextual Dynamic Processes. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*,43(3),308–324.
- Lany, J., & Saffran, J. R. (2011). Interactions between statistical and semantic information in infant language development. *Developmental Science*,14(5),1207–1219.
- Laranjeira, C., & Perrin, J. (2013). Développement sensoriel et autisme. Perrin, J & Maffre, T : Autisme et psychomotricité. Bruxelles : De Boeck/Solal,175-207.

- Lavie, N. (2005). Distracted and confused? Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*,9,5-82.
- Lawson, R. P., Rees, G., & Friston, K. J. (2014). An aberrant precision account of autism. *Frontiers in Human Neuroscience*,8,302.
- Lazoff, T., Zhong, L., Piperni, T., & Fombonne, E. (2010). Prevalence of Pervasive Developmental Disorders among Children at the English Montreal School Board. *The Canadian Journal of Psychiatry*,55(11),715–720.
- Ledgin, N. (2002). *Asperger's and self-Esteem-Insight and hope through famous role models. USA. Trad. En fr. Briend-Walker, M. (2008), Ces autistes qui changent le monde*. Paris: Salvador.
- Lee, M. D., & Wagenmakers E. J. (2014). *Bayesian cognitive modeling: A practical course*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lee, P. S., Foss-Feig, J., Henderson, J. G., Kenworthy, L. E., Gilotty, L., Gaillard, W. D., & Vaidya, C. J. (2007). Atypical neural substrates of Embedded Figures Task performance in children with Autism Spectrum Disorder. *NeuroImage*,38(1),184–193.
- Lefavrais, P. (1965). *Description, définition et mesure de la dyslexie. Utilisation du test "L'Alouette". Revue de Psychologie Appliquée*.
- Lefèvre, F. (1965). *Une méthode d'analyse auditive des confusions phonétiques : la confrontation indiciaire*.
- Lemonnier, E., Villeneuve, N., Sonie, S., ...Ben Ari, Y. (2017). Effects of bumetanide on neurobehavioral function in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Transl Psychiatry*,7,e1124.
- Lepistö, T., Kajander, M., Vanhala, R., Alku, P., Huotilainen, M., Näätänen, R., & Kujala, T. (2008). The perception of invariant speech features in children with autism. *Biological Psychology*,77(1), 25–31.
- Lepistö, T., Kuitunen, A., Sussman, E., Saalasti, S., Jansson-Verkasalo, E., Nieminen-von Wendt, T., & Kujala, T. (2009). Auditory stream segregation in children with Asperger syndrome. *Biological Psychology*,82(3),301–307.

- Lepistö, T., Kujala, T., Vanhala, R., Alku, P., Huotilainen, M., & Näätänen, R. (2005). The discrimination of and orienting to speech and non-speech sounds in children with autism. *Brain Research*, 1066(1–2), 147–157.
- Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., & Studdert-Kennedy, M. (1967). Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74(6), 431–461.
- Liberman, A. M., Harris, K. S., Hoffman, H. S., & Griffith, B. C. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology*, 54(5), 358–368.
- Liberman, A. M., Ingemann, F., Lisker, L., Delattre, P. C., & Cooper, F. S. (1959). Minimal rules for synthesizing speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 31, 1490–1499.
- Liénard, J. S. (1972). *Analyse, synthèse et reconnaissance de la parole*. Paris : Université Paris VII.
- Lind, S. E., & Bowler, D. M. (2009b). Recognition memory, self-other source memory, and theory-of-mind in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39, 1231–1239.
- Lind, S. E., & Bowler, D. M. (2010). Episodic memory and episodic future thinking in adults with autism. *Journal of Abnormal Psychology*, 119(4), 896–905.
- Linkenauger, S. A., Lerner, M. D., Ramenzoni, V. C., & Proffitt, D. R. (2012). A Perceptual-Motor Deficit Predicts Social and Communicative Impairments in Individuals With Autism Spectrum Disorders: Perceptual-motor deficit in autism. *Autism Research*, 5(5), 352–362.
- Lisker, L., & Abramson, A. S. (1964). A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *WORD*, 20(3), 384–422.
- Lisker, L., & Abramson, A. S. (1967). Some Effects of Context On Voice Onset Time in English Stops. *Language and Speech*, 10(1), 1–28.
- Liss, M., Fein, D., Allen, D., Dunn, M., Feinstein, C., Morris, R., ... Rapin, I. (2001). Executive functioning in high-functioning children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 42(2), 261–270.

- Liu, M. J., Shih, W. -L., & Ma, L. -Y. (2011). Are children with Asperger syndrome creative in divergent thinking and feeling? A brief report. *Research in Autism Spectrum Disorders*,5(1),294–298.
- Liu, Y., Cherkassky, V. L., Minshew, N. J., & Just, M. A. (2011). Autonomy of lower-level perception from global processing in autism: Evidence from brain activation and functional connectivity. *Neuropsychologia*,49(7),2105–2111.
- Lockyer, L., & Rutter, M. (1970). A Five- to Fifteen-Year Follow-up Study of Infantile Psychosis: IV. Patterns of Cognitive Ability. *British Journal of Social and Clinical Psychology*,9(2),152–163.
- Lopez, B. R., Lincoln, A. J., Ozonoff, S., & Lai, Z. (2005). Examining the Relationship between Executive Functions and Restricted, Repetitive Symptoms of Autistic Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,35(4),445–460.
- Lord, C. (2012). A Multisite Study of the Clinical Diagnosis of Different Autism Spectrum Disorders. *Archives of General Psychiatry*,69(3),306.
- Lord, C., & Jones, R. M. (2012). Annual Research Review: Re-thinking the classification of autism spectrum disorders: Re-thinking autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,53(5),490–509.
- Lord, C., Rutter, M., DiLavore PC et Risi S. Adaptation française : B. Rogé et collaborateurs. (2015). *ADOS-2 : Échelle d'observation pour le diagnostic de l'autisme – seconde Edition*. Hogrefe.
- Lord, C., Rutter, M., Goode, S., Heemsbergen, J., Jordan, H., Mawhood, L., & Schopler, E. (1989). Autism diagnostic observation schedule: a standardized observation of communicative and social behavior. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,19(2),185–212.
- 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.

- Losh, M., & Gordon, P. C. (2014). Quantifying Narrative Ability in Autism Spectrum Disorder: A Computational Linguistic Analysis of Narrative Coherence. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,44(12),3016–3025.
- Loth, E., Carlos Gómez, J., & Happé, F. (2008). Detecting changes in naturalistic scenes: contextual inconsistency does not influence spontaneous attention in high-functioning people with autism spectrum disorder. *Autism Research*,1(3),179–188.
- Loth, E., Gómez, J. C., & Happé, F. (2010). When seeing depends on knowing: Adults with Autism Spectrum Conditions show diminished top-down processes in the visual perception of degraded faces but not degraded objects. *Neuropsychologia*,48(5),1227–1236.
- Loth, E., Gómez, J. C., & Happé, F. (2011). Do High-Functioning People with Autism Spectrum Disorder Spontaneously Use Event Knowledge to Selectively Attend to and Remember Context-Relevant Aspects in Scenes? *Journal of Autism and Developmental Disorders*,41(7),945–961.
- Loucas, T. (2010). Speech perception and phonological short-term memory capacity in language impairment: preliminary evidence from adolescents with specific language impairment (SLI) and autism spectrum disorders (ASD). *International Journal of Language & Communication Disorders*,45(3),275–286.
- Lovaas, O. I. (1987). Behavioral treatment and normal educational and intellectual functioning in young autistic children. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*,55(1),3–9.
- Lubart, T. I. (2003). *Psychologie de la créativité*. Paris: Armand Colin.
- Lundström, S. (2012). Autism Spectrum Disorders and Autisticlike Traits: Similar Etiology in the Extreme End and the Normal Variation. *Archives of General Psychiatry*,69(1),46.
- Lussier, F., & Flessas, J. (2005). *Neuropsychologie de l'enfant*. Paris: Dunod.



- Macintosh, K. E., & Dissanayake, C. (2004). Annotation: The similarities and differences between autistic disorder and Asperger's disorder: a review of the empirical evidence. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*,45(3),421–434.
- Mackintosh, N. J. (1998). *IQ and human intelligence*. Oxford University Press.
- Macmillan, N. A., & Creelman, C. D. (1991). *Detection Theory: A User's Guide*. New York : Cambridge University Press.
- Majerus, S. (2011). L'évaluation de la mémoire à court terme. In X. Seron & M. Van der Linden (Eds.). *Traité de Neuropsychologie Clinique – 2ème Édition*.
- Majerus, S. (2013). Language repetition and short-term memory: An integrative framework. *Frontiers in Human Neurosciences*, 7.
- Majerus, S., Attout, L., Artielle, M.A., & Van Der Kaa, M.A. (2015). The heterogeneity of verbal short-term memory impairment in aphasia. *Neuropsychologia*,77,165–176.
- Majerus, S., Barisnikov, K., Vuillemin, I., Poncelet, M., & Van der Linden, M. (2003). An Investigation of Verbal Short-term Memory and Phonological Processing in Four Children With Williams Syndrome. *Neurocase*,9(5),390–401.
- Mamassian, P., Knill, D. C., & Kersten, D. (1998). The perception of cast shadows. *Trends in Cognitive Sciences*,2(8),288–295.
- Mandonnet, E., Nouet, A., Gatignol, P., Capelle, L., & Duffau, H. (2007). Does the left inferior longitudinal fasciculus play a role in language? A brain stimulation study. *Brain*,130(3),623–629.
- Manis, F. R., McBride-Chang, C., Seidenberg, M. S., Keating, P., Doi, L. M., Munson, B., & Petersen, A. (1997). Are Speech Perception Deficits Associated with Developmental Dyslexia? *Journal of Experimental Child Psychology*,66(2),211–235.
- Manjaly, Z. M., Bruning, N., Neufang, S., Stephan, K. E., Brieber, S., Marshall, J. C., ... Fink, G. R. (2007). Neurophysiological correlates of relatively enhanced local visual search in autistic adolescents. *NeuroImage*,35(1),283–291.

- Maras, K. L., & Bowler, D. M. (2014). Eyewitness testimony in autism spectrum disorder: A review. *Journal of autism and developmental disorders*,44(11),2682-2697.
- Marcaggi, G., Bon, L., Eustache, F., & Guillery-Girard, B. (2010). La mémoire dans l'autisme : 40 ans après. *Revue de Neuropsychologie*,310–319.
- Marchman, V. A., & Fernald, A. (2008). Speed of word recognition and vocabulary knowledge in infancy predict cognitive and language outcomes in later childhood. *Developmental Science*, 11(3),916.
- Markham, R. G., Toth, G., & Lickliter, R. (2006). Prenatally elevated physiological arousal interferes with perceptual learning in bobwhite quail (*Colinus virginianus*) embryos. *Behavioral Neuroscience*, 120(6),1315–1325.
- Markram, H. (2007). The intense world syndrome – an alternative hypothesis for autism. *Frontiers in Neuroscience*,1(1),77–96.
- Markram, K., & Markram, H. (2010). The Intense World Theory – A Unifying Theory of the Neurobiology of Autism. *Frontiers in Human Neuroscience*,4.
- Marr, D. (1982). *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. New York: Henry Holt and Co., Inc.
- Martin, I., & McDonald, S. (2003). Weak coherence, no theory of mind, or executive dysfunction? Solving the puzzle of pragmatic language disorders. *Brain and Language*,85(3),451–466.
- Martin, P. (2008). *Phonétique acoustique : Introduction à l'analyse acoustique de la parole*. Paris: Armand Colin.
- Martineau, J., Andersson, F., Barthélémy, C., Cottier, J-P., & Destrieux, C. (2010). Atypical activation of the mirror neuron system during perception of hand motion in autism. *Brain Res.*1320,168–75.
- Matson, J. L., & Shoemaker, M. (2009). Intellectual disability and its relationship to autism spectrum disorders. *Research in Developmental Disabilities*,30(6),1107–1114.

- Mayer, J. L., & Heaton, P. F. (2014). Age and Sensory Processing Abnormalities Predict Declines in Encoding and Recall of Temporally Manipulated Speech in High-Functioning Adults with ASD: Temporally manipulated speech recall in ASD. *Autism Research*,7(1),40–49.
- Mayer, J. L., Hannent, I., & Heaton, P. F. (2016). Mapping the Developmental Trajectory and Correlates of Enhanced Pitch Perception on Speech Processing in Adults with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,46(5),1562–1573.
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2007). Learning, Attention, Writing, and Processing Speed in Typical Children and Children with ADHD, Autism, Anxiety, Depression, and Oppositional-Defiant Disorder. *Child Neuropsychology*,13(6),469–493.
- Mayes, S. D., Calhoun, S. & Crites, D. (2001). Does DSM-IV Asperger's disorder exist? *Journal of Abnormal Child Psychology*,29,263–271.
- Mayo, J., Chlebowski, C., Fein, D., & Eigsti, I. (2013). Age of First Words Predicts Cognitive Ability and Adaptive Skills in Children with ASD. **Journal of Autism and Developmental Disorders**,43(2), 253-64.
- Mazeau, M. (2005). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages : du symptôme à la rééducation*. Issy-les Moulineaux: Elsevier Masson.
- McAlonan, G. M., Daly, E., Kumari, V.,...Murphy, D. (2002). Brain anatomy and sensorimotor gating in Asperger's syndrome. *Brain*,125,1594–606
- McAlonan, G. M., Suckling, J., Wong, N., Cheung, V., Liyenkaemper, N., Cheung, C., & Chua, S. E. (2008). Distinct patterns of grey matter abnormality in high-functioning autism and Asperger's syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,49(12),1287–1295.
- McBride-Chang, C. (1996). Models of Speech Perception and Phonological Processing in Reading. *Child Development*,67(4),1836.

- McCrimmon, A. W., Schwean, V. L., Saklofske, D. H., Montgomery, J. M., & Brady, D. I. (2012). Executive functions in Asperger's syndrome: An empirical investigation of verbal and nonverbal skills. *Research in Autism Spectrum Disorders*,6(1),224–233.
- McKay, L. S., Simmons, D. R., McAleer, P., Marjoram, D., Piggot, J., & Pollick, F. E. (2012). Do distinct atypical cortical networks process biological motion information in adults with autism spectrum disorders? *Neuroimage*,59(2),1524–33.
- McPartland, J. C., Reichow, B., & Volkmar, F. R. (2012). Sensitivity and Specificity of Proposed DSM-5 Diagnostic Criteria for Autism Spectrum Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*,51(4),368–383.
- Medina, V., Hoonhorst, I., Bogliotti, C., & Serniclaes, W. (2010). Development of voicing perception in French: Comparing adults, adolescents, and children. *Journal of Phonetics*,38(4),493–503.
- Mehler, J., Dommergues, J. Y., Frauenfelder, U. H., & Segui, J. (1981). The syllable's role in speech segmentation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*,20,298–305.
- 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),e103781.
- Meilleur, A. -A. S., & Fombonne, E. (2009). Regression of language and non-language skills in pervasive developmental disorders. *Journal of Intellectual Disability Research*,53(2),115–124.
- Meilleur, A. -A. S., Jelenic, P., & Mottron, L. (2015). Prevalence of Clinically and Empirically Defined Talents and Strengths in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,45(5),1354–1367.
- Mercier, C., Mottron, L., & Belleville, S. (2000). A Psychosocial Study on Restricted Interests in High Functioning Persons with Pervasive Developmental Disorders. *Autism*,4(4),406–425.

- Miller, J. N., & Ozonoff, S. (2000). The external validity of Asperger disorder: lack of evidence from the domain of neuropsychology. *Journal of Abnormal Psychology*, 109(2), 227–238.
- Mills, B. D., Lai, J., Brown, T. T., Erhart, M., Halgren, E., Reilly, J., ... Moses, P. (2013). White matter microstructure correlates of narrative production in typically developing children and children with high functioning autism. *Neuropsychologia*, 51(10), 1933–1941.
- Minshew, N. J., Goldstein, G. (2001). The Pattern of Intact and Impaired Memory Functions in Autism. *J Child Psychol Psychiatry*. 42, 1095-101.
- Minshew, N. J., & Williams, D. L. (2007). The New Neurobiology of Autism: Cortex, Connectivity, and Neuronal Organization. *Archives of Neurology*, 64(7), 945.
- Mitchell, P., Mottron, L., Soulières, I., & Ropar, D. (2010). Susceptibility to the Shepard illusion in participants with autism: reduced top-down influences within perception? *Autism Research*, 3(3), 113–119.
- Mitchell, S., Brian, J., Zwaigenbaum, L., Roberts, W., Szatmari, P., Smith, I., & Bryson, S. (2006). Early language and communication development of infants later diagnosed with autism spectrum disorder. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics: JDBP*, 27(2 Suppl), 69-78.
- Miyake, A., & Shah, P. (1999). *Models of working memory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100.
- Molesworth, C. J., Bowler, D. M., & Hampton, J. A. (2005). The prototype effect in recognition memory: intact in autism? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(6), 661–672.

- Molesworth, C. J., Bowler, D. M., & Hampton, J. A. (2008). When Prototypes Are Not Best: Judgments Made by Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(9), 1721–1730.
- Molette, P., & Landré, A. (1995). *Tropes sur base des travaux de Ghiglione. R.*
- Montanès, P., & Goldblum, M.C. (1992). Adaptation française du PPTT de Howard and Patterson. *Non Publié.*
- Montgomery, J. M., Stoesz, B. M., & McCrimmon, A. W. (2013). Emotional Intelligence, Theory of Mind, and Executive Functions as Predictors of Social Outcomes in Young Adults With Asperger Syndrome. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 28(1), 4–13.
- Morais, J., Bertelson, P., Cary, L., & Alegria, J. (1986). Literacy training and speech segmentation. *Cognition*, 24(1–2), 45–64.
- Moreno-De-Luca, A., Myers, S. M., Challman, T. D., Moreno-De-Luca, D., Evans, D. W., & Ledbetter, D. H. (2013). Developmental brain dysfunction: revival and expansion of old concepts based on new genetic evidence. *The Lancet Neurology*, 12(4), 406–414.
- Morey, R. D., & Rouder, J. N. (2015). *BayesFactor: Computation of Bayes factors for common designs.*
- 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), 646–656.
- Moriuchi, J. M., Klin, A., & Johnes, W. (2016). Mechanisms of diminished attention to eyes in autism. *American Journal of Psychiatry*, 174(1), 26–35.
- Morsanyi, K. & Handley, S. J. (2012). Reasoning on the basis of fantasy content: two studies with highfunctioning autistic adolescents. *Journal of autism and developmental disorders*, 42(11), 2297-2311.
- Morsanyi, K., & Holyoak, K. J. (2009). Analogical reasoning ability in autistic and typically developing children: Analogical reasoning and autism. *Developmental Science*, 13(4), 578–587.

- Mottron, L., (2004) Matching strategies in Cognitive Research with Individuals with High-functioning Autism: Current Practices, Instrument Biases, and Recommendations. *Journal of Autism and Developmental Disorders, special issue on methodology*,34(1),19-27.
- Mottron, L. (2006). *L'autisme, une autre intelligence*. Sprimont : Mardaga.
- Mottron, L. (2016). *L'intervention précoce pour enfants autistes : nouveaux principes pour soutenir une autre intelligence*. Bruxelles: Mardaga.
- Mottron, L. (2017). Should we change targets and methods of early intervention in autism, in favor of a strengths-based education? *European Child & Adolescent Psychiatry*,26(7),815–825.
- Mottron, L. (2019). Detrimental “Sensitivity” framework misses the positive performance, role and autonomy of autistic perception. *Cognitive neuroscience*,10(3),168-169.
- Mottron, L., & Belleville, S. (1993). A Study of Perceptual Analysis in a High-Level Autistic Subject with Exceptional Graphic Abilities. *Brain and Cognition*,23(2),279–309.
- Mottron, L., & Burack, J. A. (2001). Enhanced perceptual functioning in the development of autism. In J. Burack, T. Charman, N. Yirmiya & P. Zelazo (Eds.). *Lawrence Erlbaum Associates*,131–148.
- Mottron, L., & Burack, J. A. (2012). Caractéristiques sensorielles, motrices et attentionnelles des enfants autistes. Elsabbagh M, Clarke ME, eds thème. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV. In. *Encyclopédie sur le développement des jeunes enfants*,1–7. Montréal, Québec : Centre d'excellence pour le développement des jeunes enfants et Réseau stratégique de connaissances sur le développement des jeunes enfants.
- Mottron, L., & Dawson, M. (2013). The autistic spectrum. In *Handbook of Clinical Neurology*,111,263–271. Elsevier.

- Mottron, L., Belleville, S., & Menard, E. (1999). Local Bias in Autistic Subjects as Evidenced by Graphic Tasks: Perceptual Hierarchization or Working Memory Deficit? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,40(5),743–755.
- Mottron, L., Belleville, S., & Stip, E. (1996). Proper Name Hypermnnesia in an Autistic Subject. *Brain and Language*,53(3),326–350.
- 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., Iarocci, G., Belleville, S., & Enns, J. T. (2003). Locally oriented perception with intact global processing among adolescents with high-functioning autism: evidence from multiple paradigms. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,44(6),904–913.
- Mottron, L., Burack, J. A., Stauder, J. E., & Robaey, P. (1999). Perceptual processing among high-functioning persons with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*,40(2),203–211.
- 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.
- Mottron, L., Lemmens, K., Gagnon, L., & Seron, X. (2006). Non-Algorithmic Access to Calendar Information in a Calendar Calculator with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,36(2),239–247.



- Mottron, L., Morasse, K., & Belleville, S. (2001). A Study of Memory Functioning in Individuals with Autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,42(2),253–260.
- 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., & Dawson, M. (2013). Perception. Interests Circumscribed. In *Encyclopedia of autism spectrum disorders* (Springer, 1638–1643). New York: Volkmar FR, editor.
- Mottron, L., Soulières, I., & Dawson, M. (2018). Perception. In F. R. Volkmar (Ed.), *Encyclopedia of autism spectrum disorders*,2168–2176. New York, NY: Springer.
- Mottron, L., Soulières, I., Meilleur, A.-A., & Dawson, M. (2008). Peaks of ability as a subtyping tool for autism. Presented at the Poster Presented at the international meeting for autism research (IMFAR), London.
- Müller, R. -A., Shih, P., Keehn, B., Deyoe, J. R., Leyden, K. M., & Shukla, D. K. (2011). Underconnected, but how? A survey of functional connectivity MRI studies in autism spectrum disorders. *Cereb Cortex*.21,2233–43.
- Mundy, P. (2016). *Autism and joint attention*. New York: The Guilford Press
- Murphy, D., & Spooren, W. (2012). EU-AIMS: a boost to autism research. *Nature Reviews Drug Discovery*,11(11),815–816.
- Nackaerts, E., Wagemans, J., Helsen, W., Swinnen, S.P., Wenderoth, N., & Alaerts, K. (2012). Recognizing biological motion and emotions from point-light displays in autism spectrum disorders. *PLoS One*,7(9),1–12.
- Nadel, J. (2015) Perception-action coupling and imitation in autism spectrum disorder. *Dev Med Child Neurol*.57(Suppl 2),55–58.
- Nader, A. -M., Courchesne, V., Dawson, M., & Soulières, I. (2016). Does WISC-IV Underestimate the Intelligence of Autistic Children? *Journal of Autism and Developmental Disorders*,46(5),1582–1589.

- 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.
- Nadig, A., & Mulligan, A. (2017). Intact non-word repetition and similar error patterns in language-matched children with autism spectrum disorders: A pilot study. *Journal of Communication Disorders*,66,13–21.
- Nadig, A., Lee, I., Singh, L., Bosshart, K., & Ozonoff, S. (2010). How does the topic of conversation affect verbal exchange and eye gaze? A comparison between typical development and high-functioning autism. *Neuropsychologia*,48(9),2730–2739.
- Næss, K. -A. B., Lyster, S. -A. H., Hulme, C., & Melby-Lervåg, M. (2011). Language and verbal short-term memory skills in children with Down syndrome: A meta-analytic review. *Research in Developmental Disabilities*,32(6),2225–2234.
- Nakano, T., Kato, N., & Kitazawa, S. (2012). Superior haptic-to-visual shape matching in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*,50(5),696–703.
- Nation, K. (1999). Reading skills in hyperlexia: a developmental perspective. *Psychological Bulletin*, 125(3),338–355.
- Nation, K., Clarke, P., Wright, B., & Williams, C. (2006). Patterns of Reading Ability in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,36(7),911–919.
- Nation, K., & Penny, S. (2008). Sensitivity to eye gaze in autism: is it normal? Is it automatic? Is it social? *Dev Psychopathol*.20,79–97.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*,9(3),353–383.
- Navon, D. (1981). The forest revisited: More on global precedence. *Psychological Research*,43(1),1–32.
- Neale, B. M., Kou, Y., Liu, L., Ma'ayan, A., Samocha, K. E., Sabo, A., ... Daly, M. J. (2012). Patterns and rates of exonic de novo mutations in autism spectrum disorders. *Nature*,485(7397),242–245.

- Nemeth, D., Janacsek, K., Balogh, V., Londe, Z., Mingesz, R., Fazekas, M., Jambori, S., Danyi, I., & Vetro, A. (2010) Learning in autism: implicitly superb. *PLoS ONE*,5:e11731.
- Newman, T. M., Macomber, D., Naples, A. J., Babitz, T., Volkmar, F., & Grigorenko, E. L. (2007). Hyperlexia in Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,37(4),760–774.
- Nielsen, C. M. B. (2011). Towards applied integrationism – integrating autism in teaching and coaching sessions. *Language Sciences*,33(4),593–602.
- Nikou, C. (2011). *Phonétique et prononciation*. Université d'Athènes.
- Niyogi, P., & Ramesh, P. (2003). The voicing feature for stop consonants: recognition experiments with continuously spoken alphabets. *Speech Communication*,41(2–3),349–367.
- Noonan, S.K., Haist, F., Müller, R-A. (2009). Aberrant functional connectivity in autism: evidence from low-frequency BOLD signal fluctuations. *Brain Res*.1262,48–63.
- O'Connor, K. (2012). Auditory processing in autism spectrum disorder: A review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*,36(2),836–854.
- O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Oxford University Press.
- 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.
- O'Riordan, M., & Passetti, F. (2006). Discrimination in Autism Within Different Sensory Modalities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,36(5),665–675.

- O'Shea, A. G., Fein, D., Cillessen, A., Klin, A., & Schultz, R. (2005). Source Memory in Children With Autism Spectrum Disorders. *Developmental Neuropsychology*, 27(3), 337–360.
- Oliva, A. (1997). Coarse Blobs or Fine Edges? Evidence That Information Diagnosticity Changes the Perception of Complex Visual Stimuli. *Cognitive Psychology*, 34(1), 72–107.
- Oliveras-Rentas, R. E., Kenworthy, L., Roberson, R. B., Martin, A., & Wallace, G. L. (2012). WISC-IV Profile in High-Functioning Autism Spectrum Disorders: Impaired Processing Speed is Associated with Increased Autism Communication Symptoms and Decreased Adaptive Communication Abilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(5), 655–664.
- Oram Cardy, J. E., Flagg, E. J., Roberts, W., Brian, J., & Roberts, T. P. L. (2005). Magnetoencephalography identifies rapid temporal processing deficit in autism and language impairment. *Neuroreport*, 16(4), 329–332.
- Ostrolenk, A., & Bertone, A. (2016). Gender-specific differences in autism Spectrum cognitive profiles: Wechsler intelligence scales versus Raven's progressive matrices. Ottawa: Canadian Society for Brain, Behavior, and Cognitive Science.
- Ostrolenk, A., Forgeot d'Arc, B., Jelenic, P., Samson, F., & Mottron, L. (2017). Hyperlexia: Systematic review, neurocognitive modelling, and outcome. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 79, 134–149.
- Ouellette, A. (2011). *Musique autiste. Vivre et composer avec le syndrome d'Asperger*. Montréal.
- Ozonoff, S., Macari, S., Young, G. S., Goldring, S., Thompson, M., & Rogers, S. J. (2008). Atypical object exploration at 12 months of age is associated with autism in a prospective sample. *Autism*, 12(5), 457–472.
- Ozonoff, S., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1991). Executive function deficits in high-functioning autistic individuals: relationship to theory of mind. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 32(7), 1081–1105.

- Ozonoff, S., South, M., & Miller, J. N. (2000). DSM-IV-Defined Asperger Syndrome: Cognitive, Behavioral and Early History Differentiation from High-Functioning Autism. *Autism*,4(1),29–46.
- Ozonoff, S., Strayer, D. L., McMahon, W. M., & Filloux, F. (1994). Executive function abilities in autism and Tourette syndrome: an information processing approach. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*,35(6),1015–1032.
- Palmer, C. J., Lawson, R. P., & Hohwy, J. (2017). Bayesian approaches to autism: Towards volatility, action, and behavior. *Psychological Bulletin*,143(5),521–542.
- Palmer, S. (1999). Les théories contemporaines de la perception de Gestalt. *Intellectica*,28,53–91.
- Palmer, S. E., & Bucher, N. M. (1981). Configural effects in perceived pointing of ambiguous triangles. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*,7(1),88–114.
- Palmer, S. E., & Bucher, N. M. (1982). Textural effects in perceived pointing of ambiguous triangles. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*,8(5),693–708.
- Parron, C., De Fonseca, D., Santos, A., More, D., Monfardini, E., & Deruelle C. (2008). Recognition of biological motion in children with autistic spectrum disorders. *Autism*,12(3),261–74.
- Partz, M.-P., Bilocq, V., De Wilde, V., Seron, X., & Pillon, A. (2001). *Lexis : Tests pour le diagnostic des troubles lexicaux chez le patient aphasique*. France: Solal.
- Pech, Georgel, C., George, F., Absil, C., Dieudonné, A. & Vuanet, M. (2008). *BELO : Batterie d'évaluation de la lecture et d'orthographe*. France : Solal.
- Peelle, J. E. (2010). *Hierarchical processing for speech in human auditory cortex and beyond*. *Frontiers in Human Neuroscience*.

- Pell, P. J., Mareschal, I., Calder, A. J., von dem Hagen, E. A. H., Clifford, C. W. G., Baron-Cohen, S., & Ewbank, M. P. (2016). Intact priors for gaze direction in adults with high functioning autism spectrum conditions. *Molecular Autism*,*7*(1),25.
- Pellicano, E., & Burr, D. (2012). When the world becomes “too real”: a Bayesian explanation of autistic perception. *Trends Cogn Sci*.*16*(10),504–10.
- 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).
- Perreault, A., Gurnsey, R., Dawson, M., Mottron, L., & Bertone, A. (2011). Increased Sensitivity to Mirror Symmetry in Autism. *PLoS ONE*,*6*(4),e19519.
- Peyrin, C., Chauvin, A., Chokron, S., & Marendaz, C. (2003). Hemispheric specialization for spatial frequency processing in the analysis of natural scenes. *Brain and Cognition*,*53*(2),278–282.
- Peyrin, C., Michel, C. M., Schwartz, S., Thut, G., Seghier, M., Landis, T., ... Vuilleumier, P. (2010). The Neural Substrates and Timing of Top–Down Processes during Coarse-to-Fine Categorization of Visual Scenes: A Combined fMRI and ERP Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*,*22*(12), 2768–2780.
- 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. *Cogn Behav Neurol*.*22*(1),1–21.
- Pickles, A., Anderson, D.K., & Lord, C. (2014). Heterogeneity and plasticity in the development of language: A 17-year follow-up of children referred early for possible autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,*55*,1354–1362.
- 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.

- Plaisted, K., Dobler, V., Bell, S., & Davis, G. (2006). The Microgenesis of Global Perception in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,36(1),107–116.
- 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(5),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(5),733–742.
- Poirel, N., Mellet, E., Houdé, O., & Pineau, A. (2008). First came the trees, then the forest: Developmental changes during childhood in the processing of visual local-global patterns according to the meaningfulness of the stimuli. *Developmental Psychology*,44(1),245–253.
- Poirier, M., Martin, J. S., Gaigg, S. B., & Bowler, D. M. (2011). Short-term memory in autism spectrum disorder. *Journal of Abnormal Psychology*,120(1),247–252.
- Poncelet, M., & Van der Linden, M. (2003). Evaluation du stock phonologique de la mémoire de travail : élaboration d’une épreuve de répétition de non-mots pour population francophone. *Revue de Neuropsychologie*,13(3),377-307.
- Poole, D., Gowen, E., Warren, P. Poliakoff, E. & Cowan, N. (2018). Visual-Tactile Selective Attention in Autism Spectrum Condition: An Increased Influence of Visual Distractors. *Journal of experimental psychology General*,147(9),1309-1324.
- Poulin-Lord, M.-P., Barbeau, E. B., Soulières, I., Monchi, O., Doyon, J., Benali, H., & Mottron, L. (2014). Increased topographical variability of task-related activation in perceptive and motor associative regions in adult autistics. *NeuroImage: Clinical*,4,444–453.
- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*,1(4),515.

- Pring L. (2008). Memory characteristics in individuals with savant skills. In *Memory in autism: theory and evidence* Boucher J., Bowler D. *Cambridge University Press*, 210–230.
- Pry, R. (2005). Comment les enfants avec syndrome d'Asperger dessinent. *Enfance*, 1, 83-94.
- Purves, D., & Beau, R. (2003). *Why we see what we do: An empirical theory of vision* (Vol. xi). Sunderland, MA, US : Sinauer Associates.
- Quinette, P., Guillery-Girard, B., Noël, A., de la Sayette, V., Viader, F., Desgranges, B., & Eustache, F. (2006). The relationship between working memory and episodic memory disorders in transient global amnesia. *Neuropsychologia*, 44(12), 2508–2519.
- Ramocki, M. B., & Zoghbi, H. Y. (2008). Failure of neuronal homeostasis results in common neuropsychiatric phenotypes. *Nature*, 455(7215), 912–918.
- Rapin, I., & Dunn, M. (2003). Update on the language disorders of individuals on the autistic spectrum. *Brain & Development*, 25(3), 166–172.
- 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: Section 3. Standard Progressive matrices*, Oxford, England, Oxford Psychologists Press.
- Raven, J. C., Raven, J. E., & Court, J. H. (2003). *Section 4: Advanced progressive matrices. Manual for Raven's progressive matrices and vocabulary scales*. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- Raz, N., Striem, E., Pundak, G., Orlov, T., & Zohary, E. (2007). Superior Serial Memory in the Blind: A Case of Cognitive Compensatory Adjustment. *Current Biology*, 17(13), 1129–1133.
- Rebillard, C., Guillery-Girard, B., & Lebreton, K. (2017). Perception et oculométrie : nouveau regard sur les troubles du spectre de l'autisme. *Revue de neuropsychologie*, 1(9), 45–52.



- Redcay, E., & Courchesne, E. (2008). Deviant Functional Magnetic Resonance Imaging Patterns of Brain Activity to Speech in 2–3-Year-Old Children with Autism Spectrum Disorder. *Biological Psychiatry*,64(7),589–598.
- Reitzel, J. & Szatmari, P. (2003). *Cognitive and academic problems*. In M. Prior (Ed.). *Learning and behavior problems in Asperger syndrome*. New York: Guilford Press.
- Remington, A., Cartwright-Finch, U., & Lavie, N. (2014). I can see clearly now: the effects of age and perceptual load on inattention blindness. *Front. Hum. Neurosci.*8,229.
- Remington, A., Swettenham, J., Campbell, R., & Coleman, M. (2009). Selective Attention and Perceptual Load in Autism Spectrum Disorder. *Psychological Science*,20(11),1388–1393.
- Remington, A. M., Swettenham, J. G., & Lavie, N. (2012). Lightening the load: Perceptual load impairs visual detection in typical adults but not in autism. *Journal of Abnormal Psychology*,121(2), 544–551.
- Ribeiro, T. C., Valasek, C. A., Minati, L., & Boggio, P. S. (2013). Altered semantic integration in autism beyond language: a cross-modal event-related potentials study. *NeuroReport*,24(8),414–418.
- Richards, L., Richards. D. (1991). *The transformation of qualitative Method computational paradigms and research processes in N.G. Fielding & R.M. Lee (eds). Using computers in Qualitative Research*. Newbury Park: Ca. Sage.
- Richland, L. E., & Burchinal, M. R. (2013). Early Executive Function Predicts Reasoning Development. *Psychological Science*,24(1),87–92.
- Richland, L. E., Morrison, R. G., & Holyoak, K. J. (2006). Children’s development of analogical reasoning: Insights from scene analogy problems. *Journal of Experimental Child Psychology*,94(3),249–273.
- Richler, J., Huerta, M., Bishop, S. L., & Lord, C. (2010). Developmental trajectories of restricted and repetitive behaviors and interests in children with autism spectrum disorders. *Development and Psychopathology*,22(1),55.

- Richman, L. C., & Wood, K. M. (2002). Learning disability subtypes: classification of high functioning hyperlexia. *Brain and Language*,82(1),10–21.
- Ricketts, J. (2011). Research Review: Reading comprehension in developmental disorders of language and communication: Research Review: Reading comprehension in developmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,52(11),1111–1123.
- Rinehart, N. J., Bradshaw, J. L., Brereton, A. V., & Tonge, B. J. (2001). Movement preparation in high-functioning autism and Asperger disorder: a serial choice reaction time task involving motor reprogramming. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,31(1),79–88.
- Rinehart, N. J., Bradshaw, J. L., Moss, S. A., Brereton, A. V., & Tonge, B. J. (2000). Atypical Interference of Local Detail on Global Processing in High-functioning Autism and Asperger's Disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,41(6),769–778.
- Ring, H. A., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Williams, S. C., Brammer, M., Andrew, C., & Bullmore, E. T. (1999). Cerebral correlates of preserved cognitive skills in autism: a functional MRI study of embedded figures task performance. *Brain: A Journal of Neurology*,122(7),1305–1315.
- Robinson, E. B. (2011). Evidence That Autistic Traits Show the Same Etiology in the General Population and at the Quantitative Extremes (5%, 2.5%, and 1%). *Archives of General Psychiatry*,68(11), 1113.
- Rødgaard, E.M., Jensen, K., Vergnes, J.N., Soulières, I., Motttron, L. (2019). Temporal Changes in Effect Sizes of Studies Comparing Individuals With and Without Autism, A Meta-analysis. *JAMA Psychiatrie*,76(11),1124-1132.
- Rodgers, J. (2000). Visual Perception and Asperger Syndrome: Central Coherence Deficit or Hierarchization Deficit? A Pilot Study. *Autism: the international journal of research and practice*,4(3),321-329.
- Rogé, B. (2008). *Autisme, comprendre et agir*. Dunod

- Rogers, S. J., & Ozonoff, S. (2005). Annotation: What do we know about sensory dysfunction in autism? A critical review of the empirical evidence. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(12), 1255–1268.
- Rogers, S. J., & Vismara, L. A. (2008). Evidence-Based Comprehensive Treatments for Early Autism. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 37(1), 8–38.
- Rogers, S. J., Hepburn, S., & Wehner, E. (2003). Parent reports of sensory symptoms in toddlers with autism and those with other developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(6), 631–642.
- Rogers, S.J., & Dawson, G. (2009). *Early Start Denver Model for young children with autism: Promoting language, learning, and engagement*. New York: Guilford Press.
- Rojas, D.C., Bawn, S.D., Benkers, T.L., Reite, M.L., & Rogers, S.J. (2002). Smaller left hemisphere planum temporale in adults with autistic disorder. *Neuroscience Letters*, 328, 237-240.
- Rojas, D.C., Peterson, E., Winterrowd, E., Reite, M.L., Rogers, S.J., & Tregellas, J.R. (2006). Regional gray matter volumetric changes in autism associated with social and repetitive behavior symptoms. *BMC Psychiatry*. 6, 56.
- Roll Carpentier, N., Bonthoux, F., & Kalénine, S. (2006). Vieillesse de l'organisation conceptuelle : accès aux propriétés des objets naturels et fabriqués. *Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition, CNRS UMR 5105. Université Pierre Mendès*, 27–47.
- Rondal, J.A. (1981a). *Communication et langage : développement linguistique*. In J.A. Rondal, et M. Hurtig (eds) *Introduction à la psychologie de l'enfant* (Vol. 2). Bruxelles: Mardaga, 455-491.
- Rondan, C., & Deruelle, C. (2007). Global and configural visual processing in adults with autism and Asperger syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 28(2), 197–206.

- Ropar, D., & Mitchell, P. (1999). Are Individuals with Autism and Asperger's Syndrome Susceptible to Visual Illusions? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,40(8),1283–1293.
- Ropar, D., & Mitchell, P. (2001). Susceptibility to Illusions and Performance on Visuospatial Tasks in Individuals with Autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,42(4),539–549.
- Ropar, D., & Mitchell, P. (2002). Shape constancy in autism: the role of prior knowledge and perspective cues. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,43(5),647–653.
- Ropar, D., & Peebles, D. (2007). Sorting Preference in Children with Autism: The Dominance of Concrete Features. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,37(2),270–280.
- Rose, V., Trembath, D., Keen, D., & Paynter, J. (2016). The proportion of minimally verbal children with autism spectrum disorder in a community-based early intervention programme. *Journal of Intellectual Disability Research*,60,464–477.
- Roser, M. E., Aslin, R. N., McKenzie, R., Zahra, D., & Fiser, J. (2015). Enhanced visual statistical learning in adults with autism. *Neuropsychology*,29(2),163–172.
- Rourke, B. P. (1995). *Syndrome of non verbal learning disabilities: neurodevelopmental manifestations*. New York: Guilford Press.
- Ruffman, T., Garnham, W., & Rideout, P. (2001). Social understanding in autism: eye gaze as a measure of core insights. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,42(8),1083-1094.
- Rutter, M., Lecouteur, A. & Lord, C. (2011). *ADI-R, entretien pour le diagnostic de l'autisme – version révisée. Adaptation française : B. Rogé et collaborateurs : Hogrefe*.

- Saalasti, S., Lepistö, T., Toppila, E., Kujala, T., Laakso, M., Nieminen-von Wendt, T., ... Jansson-Verkasalo, E. (2008). Language Abilities of Children with Asperger Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,38(8),1574–1580.
- Sabatino, A., Rittenberg, A., Sasson, N. J., Turner-Brown, L., Bodfish, J. W., & Dichter, G. S. (2013). Functional Neuroimaging of Social and Nonsocial Cognitive Control in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,43(12),2903–2913.
- Sagot, B., Fort, K., & Venant, F. (2009). Extension and coupling of syntactic and semantic resources for French adverbs. *Revue Internationale de Linguistique Française et de Linguistique Générale*, 32,11.
- Sahyoun, C. P., Belliveau, J. W., Soulières, I., Schwartz, S., & Mody, M. (2010). Neuroimaging of the functional and structural networks underlying visuospatial vs. linguistic reasoning in high-functioning autism. *Neuropsychologia*,48(1),86–95.
- 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., Jemel, B., Belin, P., & Ciocca, V. (2006). Can Spectro-Temporal Complexity Explain the Autistic Pattern of Performance on Auditory Tasks? *Journal of Autism and Developmental Disorders*,36(1),65–76.
- 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.
- Samson, F., Mottron, L., Soulières, I., & Zeffiro, T.A. (2011a/b). Enhanced visual functioning in autism: An ALE meta-analysis. *Human Brain Mapping*,33,1553–1581.

- Samson, F., Zeffiro, T. A., Doyon, J., Benali, H., & Mottron, L. (2015). Speech acquisition predicts regions of enhanced cortical response to auditory stimulation in autism spectrum individuals. *Journal of Psychiatric Research*, 68, 285–292.
- Samson, F., Zeffiro, T. A., Toussaint, A., & Belin, P. (2011). *Stimulus Complexity and Categorical Effects in Human Auditory Cortex: An Activation Likelihood Estimation Meta-Analysis*. *Frontiers in Psychology*, 1.
- Sandin, S., Lichtenstein, P., Kuja-Halkola, R., Larsson, H., Hultman, C. M., & Reichenberg, A. (2014). The Familial Risk of Autism. *JAMA*, 311(17), 1770.
- Sandin, S., Lichtenstein, P., Kuja-Halkola, R., Hultman, C., Larsson, H., & Reichenberg, A. (2017). The Heritability of Autism Spectrum Disorder. *JAMA*, 318(12), 1182–1184.
- Sapey-Triomphe, L. -A. (2017). *Perceptual inference and learning in autism: a behavioral and neurophysiological approach*. Neuroscience. Université de Lyon.
- Sapey-Triomphe, L. -A., Costa, T. L., & Wagemans, J. (2019). Sensory sensitivity in autism mostly depends on contextual predictions, *Cognitive Neuroscience*, 10, 3, 162–164.
- Sapey-Triomphe, L.A., Lambertson, F., Sonié, S., Mattout, J., & Schmitz, C. (2018). Tactile hypersensitivity and GABA concentration in the sensorimotor cortex of adults with autism. *Autism research*, 12(4), 562-575.
- Sapey-Triomphe, L. -A., Sonié, S., Hénaff, M. -A., Mattout, J., & Schmitz, C. (2018). Correction to: Adults with autism tend to underestimate the hidden environmental structure: Evidence from a visual associative learning task. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(9), 3075–3075.
- Sasson, N. J., Turner-Brown, L. M., Holtzclaw, T. N., Lam, K. S. L., & Bodfish, J. W. (2008). Children with autism demonstrate circumscribed attention during passive viewing of complex social and nonsocial picture arrays. *Autism Research*, 1(1), 31–42.

- Saygin, A. P., Cook, J., & Blakemore, S. -JJ. (2010). Unaffected perceptual thresholds for biological and non-biological form-from-motion perception in autism spectrum conditions. *PLoS One*,5(10),1–7.
- Schaefer, G. B. (2016). Clinical Genetic Aspects of Autism Spectrum Disorders. *International journal of molecular sciences*,17(2),180.
- Schaefer, G. B., & Thompson, J. N. (2014). *Medical Genetics: An Integrated Approach*. McGraw Hill Education: New York, NY, USA.
- Schelstraete, M. A., Bragard, A., Collette, E., Nossent, C., & Van Schendel, C. (2011). *Traitements Du Langage Oral Chez L'enfant*. France : Elsevier Health Sciences France.
- Scherf, K. S., Behrmann, M., Kimchi, R., & Luna, B. (2009). Emergence of Global Shape Processing Continues Through Adolescence. *Child Development*,80(1),162–177.
- Schertz, H., Odom, S., Baggett, K., & Sideris, J. (2018a). Mediating parent learning to promote social communication for toddlers with autism: Effects from a randomized controlled trial. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,48(3),853–867.
- Schopler, E., Short, A., & Mesibov, G. (1989). Relation of behavioral treatment to “normal functioning”: Comment on Lovaas. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*,57(1),162–164.
- Schopler, E., Lansing, M., & Waters, L. (2001). *Activités d'enseignement pour enfants autistes*. Paris: Masson.
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J., & Remschmidt, H. (2001). Speech perception deficit in dyslexic adults as measured by mismatch negativity (MMN). *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 40(1),77–87.
- Schwarzkopf, D. S., Anderson, E. J., de Haas, B., White, S. J., & Rees, G. (2014). Larger Extrastriate Population Receptive Fields in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Neuroscience*,34(7), 2713–2724.

- Semrud-Clikeman, M., Walkowiak, J., Wilkinson, A., & Christopher, G. (2010). Neuropsychological Differences Among Children With Asperger Syndrome, Nonverbal Learning Disabilities, Attention Deficit Disorder, and Controls. *Developmental Neuropsychology*, 35(5), 582–600.
- Senju, A., Southgate, V., White, S. & Frith, U. (2009). Mindblind Eyes: An Absence of Spontaneous Theory of Mind in Asperger Syndrome. *Science*, 325, 883-885.
- Serniclaes, W. (1987). *Étude expérimentale de la perception du trait de voisement des occlusives du français*. Belgique : Université Libre de Bruxelles.
- Serniclaes, W. (2000). La perception de la parole. In P. Escudier, G. Feng, P. Perrier & J.-L. Schwartz (Eds), *La parole, des modèles cognitifs aux machines communicantes*. Paris: Hermès, 159–190.
- Serniclaes, W. (2006). Allophonic perception in developmental dyslexia: Origin, reliability and implications of the categorical perception deficit. *Written Language & Literacy*, 9(1), 135–152.
- Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., Carré, R., & Demonet, J. F. (2001). Perceptual discrimination of speech sounds in developmental dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, 44(2), 384–399.
- Serniclaes, W., Ventura, P., Morais, J., & Kolinsky, R. (2005). Categorical perception of speech sounds in illiterate adults. *Cognition*, 98(2), B35–B44.
- 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.
- Siegel, D. J., Goldstein, G., & Minshew, N. J. (1996). Designing instruction for the high-functioning autistic individual. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 8(1), 1–19.



- Siegel, D. J., Minshew, N. J., & Goldstein, G. (1996). Wechsler IQ profiles in diagnosis of high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,26(4),389–406.
- Silberberg, N. E., & Silberberg, M. C. (1967). Hyperlexia: Specific word recognition skills in young children. *Exceptional Child*,34,41–42.
- 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),2705–39.
- Simonton, D. K. (2010). Creative thought as blind-variation and selective-retention: Combinatorial models of exceptional creativity. *Physics of Life Reviews*,7(2),156–179.
- Smith, C. J., Lang, C. M., Kryzak, L., Reichenberg, A., Hollander, E., & Silverman, J. M. (2009). Familial associations of intense preoccupations, an empirical factor of the restricted, repetitive behaviors and interest's domain of autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,50(8), 982–990.
- Smith, V., Mirenda, P., & Zaidman-Zait, A. (2007). Predictors of expressive vocabulary growth in children with autism. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*,50,149–160.
- Snodgrass, J. G., Smith, B., Feenan, K., & Corwin, J. (1987). Fragmenting pictures on the apple macintosh computer for experimental and clinical applications. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*,19(2),270–274.
- Snoeren, N. D., Hallé, P. A., & Segui, J. (2006). A voice for the voiceless: Production and perception of assimilated stops in French. *Journal of Phonetics*,34(2),241–268.
- Solomon, M., Buaminger, N., & Rogers, S. J. (2011). Abstract Reasoning and Friendship in High Functioning Preadolescents with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,41(1),32–43.

- Solomon, M., Ozonoff, S. J., Ursu, S., Ravizza, S., Cummings, N., Ly, S., & Carter, C. S. (2009). The neural substrates of cognitive control deficits in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 47(12), 2515–2526.
- Sorel, O. (2009). *Approche développementale du raisonnement bayésien -Analyse quantitative et qualitative selon le format de présentation et le niveau scolaire*. Psychologie des Ages de la Vie. Université de Tours.
- 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), e25372.
- 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.
- Soulières, I., Mottron, L., Giguère, G., & Larochelle, S. (2011). Category induction in autism: Slower, perhaps different, but certainly possible. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(2), 311–327.
- Soulières, I., Mottron, L., Saumier, D., & Larochelle, S. (2007). Atypical Categorical Perception in Autism: Autonomy of Discrimination? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(3), 481–490.
- Soulières, I., Zeffiro, T. A., Girard, M. L., & Mottron, L. (2011). Enhanced mental image mapping in autism. *Neuropsychologia*, 49(5), 848–857.
- South, M., Ozonoff, S., & McMahon, W. M. (2005). Repetitive behavior profiles in Asperger syndrome and high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35(2), 145–158.
- Sparrow, S. S., Balla, D. A., & Cicchetti, D. V. (1984). Vineland adaptive behavior scales. Circle Pines, MN: American Guidance Service Inc.
- Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., & Balla, D. A. (2005). Vineland adaptive behavior scales, second edition: Survey interview form. Circle Pines, MN : American Guidance Service Inc.

- Spearman, C. (1936). *Les aptitudes de l'Homme : leur nature et leur mesure (traduit par F. Brachet)*. Paris : Conservatoire National des Arts et Métiers.
- Spector, A., & Biederman, I. (1976). Mental set and mental shift revisited. *American Journal of Psychology*, 89, 643–679.
- Spiekerman, A. M., Hetherly, M. E., & Hall, F. F. (1975). Improved high-resolution high-voltage paper electrophoresis system for use in screening for aminoacidopathies. *Clinical Chemistry*, 21(13), 1981–1982.
- Spiker, M. A., Lin, C. E., Van Dyke, M., & Wood, J. J. (2012). Restricted interests and anxiety in children with autism. *Autism*, 16(3), 306–320.
- Spillmann, L., & Dresch, B. (1995). Phenomena of Illusory Form: Can We Bridge the Gap between Levels of Explanation? *Perception*, 24(11), 1333–1364.
- Stahl, L., Reymond, M., & Pry, R. (2003). Autisme et développement des fonctions attentionnelles, in *Erès et L'enfant dans le lien social : perspectives de la psychologie du développement*, 261-5.
- Sterponi, L., & de Kirby, K. (2016). A Multidimensional Reappraisal of Language in Autism: Insights from a Discourse Analytic Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(2), 394–405.
- Sterponi, L., de Kirby, K., & Shankey, J. (2015). Rethinking language in autism. *Autism*, 19(5), 517–526.
- Stevens, K. N., & Blumstein, S. E. (1981). The search for invariant acoustic correlates of phonetic features. *Perspectives on the Study of Speech*, 1–38.
- Stevenson, J. L., & Gernsbacher, M. A. (2013). Abstract spatial reasoning as an autistic strength. *PLoS ONE*, 8.
- Stewart, M. E., Griffiths, T. D., & Grube, M. (2018). Autistic Traits and Enhanced Perceptual Representation of Pitch and Time. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(4), 1350–1358.
- Stewart, M. E., Petrou, A. M., & Ota, M. (2018). Categorical Speech Perception in Adults with Autism Spectrum Conditions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(1), 72–82.

- Stokes, S. F. (2014). The impact of phonological neighborhood density on typical and atypical emerging lexicons\*. *Journal of Child Language*,41(3),634–657.
- Stothers, M. E., & Oram Cardy, J. (2012). Oral language impairments in developmental disorders characterized by language strengths: A comparison of Asperger syndrome and nonverbal learning disabilities. *Research in Autism Spectrum Disorders*,6(1),519–534.
- Strange, W. (1989). Dynamic specification of coarticulated vowels spoken in sentence context. *The Journal of the Acoustical Society of America*,85(5),2135–2153.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*,18(6),643–662.
- Supekar, K., Uddin, L.Q., Khouzam, A.,...Menon, V. (2013). Brain hyperconnectivity in children with autism and its links to social deficits. *Cell Rep*.5,738–47.
- Surian, L. (1996). Are Children with Autism Deaf to Gricean Maxims? *Cognitive Neuropsychiatry*,1(1), 55–72.
- Sussman, H. M., McCaffrey, H. A., & Matthews, S. A. (1991). An investigation of locus equations as a source of relational invariance for stop place categorization. *The Journal of the Acoustical Society of America*,90(3),1309–1325.
- Suzanne Scherf, K., Luna, B., Kimchi, R., Minschew, N., & Behrmann, M. (2008). Missing the big picture: impaired development of global shape processing in autism. *Autism Research*,1(2),114–129.
- Szatmari, P. (1991). Asperger's syndrome: diagnosis, treatment, and outcome. *Psychiatr Clin N Am*. 14:81–93.
- Szatmari, P., Brenner, R., & Nagy. J. (1989). Asperger syndrome: a review of clinical features. *Can J Psychiatry*,34,554–560.
- Szatmari, P., Bryson, S. E., Boyle, M. H., Streiner, D. L., & Duku, E. (2003). Predictors of outcome among high functioning children with autism and Asperger syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,44(4),520–528.

- Szatmari, P., Georgiades, S., Duku, E., Bennett, T. A., Bryson, S., Fombonne, E., ... Thompson, A. (2015). Developmental Trajectories of Symptom Severity and Adaptive Functioning in an Inception Cohort of Preschool Children With Autism Spectrum Disorder. *JAMA Psychiatry*,*72*(3),276.
- Tager-Flusberg, H. (1991). Semantic processing in the free recall of autistic children: Further evidence for a cognitive deficit. *British Journal of Developmental Psychology*,*9*(3),417–430.
- Tager-Flusberg, H. (2001). Understanding the language and communicative impairments in autism. *Int Rev Res Mental Retardation*.*23*,185–205.
- Takarae, Y., Luna, B., Minshew, N. J., & Sweeney, J. A. (2008). Patterns of visual sensory and sensorimotor abnormalities in autism vary in relation to history of early language delay. *Journal of the International Neuropsychological Society*,*14*(6),980.
- Tardif, C. (2010). Autisme et pratiques d'intervention. Chapitre 4 : Les particularités sensorielles des personnes autistes et leur incidence sur la vie quotidienne : des connaissances aux interventions. Marseille, France : Solal.
- Tardif, C., Lainé, F., Rodriguez, M., & Gepner, B. (2007). Slowing down presentation of facial movements and vocal sounds enhances facial expression recognition and induces facial-vocal imitation in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*,*37*,1469-1484.
- Tecchio, F., Benassi, F., Zappasodi, F., Gialloreti, L. E., Palermo, M., Seri, S., & Rossini, P. M. (2003). Auditory sensory processing in autism: a magnetoencephalographic study. *Biological Psychiatry*,*54*(6),647–654.
- Teder-Sälejärvi, W. A., Pierce, K. L., Courchesne, E., & Hillyard, S. A. (2005). Auditory spatial localization and attention deficits in autistic adults. *Cognitive Brain Research*,*23*(2–3),221–234.

- Thurm, A., Manwaring, S.S., Swineford, L., & Farmer, C. (2015). Longitudinal study of symptom severity and language in minimally verbal children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56, 97–104.
- Tonus, A. (2012). Syndrome d'Asperger : un diagnostic précoce dans une entité syndromique discutée ? *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 170(7), 467–470.
- Toro, R., Konyukh, M., Delorme, R., Leblond, C., Chaste, P., Fauchereau, F., ... Bourgeron, T. (2010). Key role for gene dosage and synaptic homeostasis in autism spectrum disorders. *Trends in Genetics*, 26(8), 363–372.
- Torrance, E. P. (1976). *Test de pensée créative*. Paris Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Tryfon, A., Foster, N. E. V., Sharda, M., & Hyde, K. L. (2018). Speech perception in autism spectrum disorder: An activation likelihood estimation meta-analysis. *Behavioral Brain Research*, 338, 118–127.
- Tsai, L. Y., & Ghaziuddin, M. (2014). DSM-5 ASD Moves Forward into the Past. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(2), 321–330.
- Tsarfaty, R., Seddah, D., Kuebler, S., & Nivre, J. (2013). Parsing Morphologically Rich Languages: Introduction to the Special Issue. *Computational Linguistics, Massachusetts Institute of Technology Press*, 39, 8.
- Tubach, J. L., & Boe, L. J. (1990). *Un corpus de transcription phonétique*. France: Telecom.
- Tuller, B., Case, P., Ding, M., & Kelso, J. A. S. (1994). The nonlinear dynamics of speech categorization. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(1), 3–16.
- Turkeltaub, P. E., Flowers, D. L., Verbalis, A., Miranda, M., Gareau, L., & Eden, G. F. (2004). The neural basis of hyperlexic reading: an fMRI case study. *Neuron*, 41(1), 11–25.
- Turner, L. M., Stone, W. L., Pozdol, S. L., & Coonrod, E. E. (2006). Follow-up of children with autism spectrum disorders from age 2 to age 9. *Autism*, 10(3), 243–265.

- Turner, M. (1999). Annotation: Repetitive Behaviour in Autism: A Review of Psychological Research. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,40(6),839–849.
- Turner, M. A. (1999). Generating novel ideas: Fluency performance in high-functioning and learning disabled individuals with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*,40,189-201.
- Turner-Brown, L. M., Lam, K. S. L., Holtzclaw, T. N., Dichter, G. S., & Bodfish, J. W. (2011). Phenomenology and measurement of circumscribed interests in autism spectrum disorders. *Autism*,15(4),437–456.
- Uddin, L. Q. (2013). Supekar K, Menon V. Reconceptualizing functional brain connectivity in autism from a developmental perspective. *Front Hum Neurosci*.7,458.
- Uljarevic, M., & Hamilton, A. (2013). Recognition of emotions in autism: a formal metaanalysis. *Journal of autism and developmental disorders*,43(7),1517-1526.
- Ullman, M. T. (2001). The declarative procedural model of lexicon and grammar. *Journal of Psycholinguistic Research*,30(1),37–69.
- Ullman, M. T. (2004). Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition*,92(1–2),231–270.
- Vaissière, J. (2006). *La phonétique*. Paris : Presses Universitaires de France.
- 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), 649–675.
- Van der Hallen, R., Evers, K., Brewaeys, K., Van den Noortgate, W., & Wagemans, J. (2015). Global processing takes time: A meta-analysis on local–global visual processing in ASD. *Psychological Bulletin*,141(3),549–573.

- Van der Hallen, R., Lemmens, L., Steyaert, J., Noens, I., & Wagemans, J. (2017). Ensemble perception in autism spectrum disorder: Member-identification versus mean-discrimination: Ensemble perception in ASD. *Autism Research*, 10(7),1291–1299.
- Vandermosten, M., Boets, B., Luts, H., Poelmans, H., Golestani, N., Wouters, J., & Ghesquiere, P. (2010). Adults with dyslexia are impaired in categorizing speech and nonspeech sounds on the basis of temporal cues. *Proceedings of the National Academy of Sciences*,107(23),10389–10394.
- Van Wijngaarden-Cremers, P. J., van Eeten, E., Groen, W. B., Van Deurzen, P. A., Oosterling, I. J., & Van der Gaag, R. J. (2014). Gender and age differences in the core triad of impairments in autism spectrum disorders: a systematic review and meta-analysis. *J Autism Dev Disord*.44:627–35.
- Verte, S., Geurts, H. M., Roeyers, H., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2006). Executive functioning in children with an Autism Spectrum Disorder: can we differentiate within the spectrum? *J Autism Dev Disord*.36,351–372.
- Via, E., Radua, J., Cardoner, N., Happé, F., & Mataix-Cols, D. (2011). Meta-analysis of Gray Matter Abnormalities in Autism Spectrum Disorder: Should Asperger Disorder Be Subsumed Under a Broader Umbrella of Autistic Spectrum Disorder? *Archives of General Psychiatry*,68(4),409.
- Viole, B., & Cosnier, J. (2004). La perception phonétique. *Psychologie de La Surdit *,101–133.
- Vismara, L., & Lyons, G. (2007). Using Perseverative Interests to Elicit Joint Attention Behaviors in Young Children With Autism: Theoretical and Clinical Implications for Understanding Motivation. *Journal of Positive Behavior Interventions*,9,14.
- Vitevitch, M. S., & Luce, P. A. (1998). When Words Compete: Levels of Processing in Perception of Spoken Words. *Psychological Science*,9(4),325–329.



- Vladusich, T., Olu-Lafe, O., Kim, D.-S., Tager-Flusberg, H., & Grossberg, S. (2010). Prototypical category learning in high-functioning autism. *Autism Research*,3(5),226–236.
- Volkmar, F. R., Cohen, D. J., & Paul, R. (1986). An Evaluation of DSM-III Criteria for Infantile Autism. *Journal of the American Academy of Child Psychiatry*,25(2),190–197.
- Volkov, S., & Lischke, A. (1980). *Témoignage : les mémoires de Dimitri Chostakovich*. Paris: Albin Michel.
- von Hofsten, C. & Rosander, K. (2012). Perception-action in children with ASD. *Frontiers in Integrative Neuroscience*,6(115),1–6.
- Wagenmakers, E. J. (2017). [http://jasp-stats.org/download/Version 0.8.5.1](http://jasp-stats.org/download/Version%200.8.5.1).
- Wagenmakers, J., Love, J., Marsman, M., Jamil, T., Ly, A., Verhagen, J., ... Morey, R. D. (2018). Bayesian inference for psychology. Part II: Example applications with JASP. *Psychonomic Bulletin and Review*,25, 58–76.
- Wagenmakers, E. -J., Wetzels, R., Borsboom, D., & van der Maas, H. L. J. (2011). Why psychologists must change the way they analyze their data: the case of psi: comment on Bem (2011). *Journal of Personality and Social Psychology*,100(3),426–432.
- Wallace, G. L., Happé, F., & Giedd, J. N. (2009). A case study of a multiply talented savant with an autism spectrum disorder: neuropsychological functioning and brain morphometry. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1522),1425–1432.
- Walter, E., & Dassonville, P. (2011). Activation in a Frontoparietal Cortical Network Underlies Individual Differences in the Performance of an Embedded Figures Task. *PLoS ONE*,6(7),e20742.
- Wan, C. Y., Wood, A. G., Reutens, D. C., & Wilson, S. J. (2010). Early but not late-blindness leads to enhanced auditory perception. *Neuropsychologia*,48(1),344–348.

- Wang, L., Mottron, L., Peng, D., Berthiaume, C., & Dawson, M. (2007). Local bias and local-to-global interference without global deficit: A robust finding in autism under various conditions of attention, exposure time, and visual angle. *Cognitive Neuropsychology*, 24(5), 550–574.
- Wang, X., Wang, S., Fan, Y., Huang, D., & Zhang, Y. (2017). Speech-specific categorical perception deficit in autism: An Event-Related Potential study of lexical tone processing in Mandarin-speaking children. *Scientific Reports*, 7(1).
- Warrington, E. K., & Crutch, S. J. (2007). A within-modality test of semantic knowledge: The Size/Weight Attribute Test. *Neuropsychology*, 21(6), 803–811.
- Waterhouse, L. (2013). *Rethinking autism variation and complexity*. Amsterdam: Elsevier.
- Watson, L., Patten, E., Baranek, G., Poe, M., Boyd, B., Freuler, A., Lorenzia, J. (2011). Differential associations between sensory response patterns and language, social, and communication measures in children with autism or other developmental disabilities. *Journal of Speech, Language & Hearing Research*, 54(6), 1562–1576.
- Wechsler, D. (1981). *Wechsler adult intelligence scale – revised*. New York : Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2011). *WAIS-IV Nouvelle version de l'échelle d'intelligence de Wechsler pour adultes - Quatrième édition*. Paris: ECPA Pearson.
- Wechsler, D. (1991). *Wechsler Intelligence Scale for Children—Third edition: Canadian (WISC-II)*. Toronto, Canada: *Psychological Corporation*.
- Wechsler, D. (1997). *Wechsler Adult Intelligence Scale—Third edition: Canadian (WAIS-III)*. Toronto, Canada : *Psychological Corporation*.
- Wehmeyer, M. & Lachapelle, Y. (2001). *L'échelle d'autodétermination du Laridi*. Trois-Rivières, Québec : Laboratoire de Recherche Interdépartementale en Déficience Intellectuelle.

- Weigelt, S., Koldewyn, K., & Kanwisher, N. (2012). Face identity recognition in autism spectrum disorders: a review of behavioral studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(3), 1060-1084.
- Wertheimer, M. (1989b). Verstehen Lehren aus gestaltpsychologischer Sicht [Teaching understanding from a Gestalt-psychological perspective]. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 7, 149–160.
- Westerveld, M. F., Paynter, J., Trembath, D., Webster, A. A., Hodge, A. M., & Roberts, J. (2017). The Emergent Literacy Skills of Preschool Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(2), 424–438.
- White, S. J., & Saldaña, D. (2011). Performance of Children with Autism on the Embedded Figures Test: A Closer Look at a Popular Task. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(11), 1565–1572.
- White, S., Frith, U., Milne, E., Rosen, S., Swettenham, J., & Ramus, F. (2006). A double dissociation between sensorimotor impairments and reading disability: A comparison of autistic and dyslexic children. *Cognitive Neuropsychology*, 23(5), 748–761.
- Whitehouse, A. J. O., Durkin, K., Jaquet, E., & Ziatas, K. (2009). Friendship, loneliness and depression in adolescents with Asperger's Syndrome. *Journal of Adolescence*, 32(2), 309–322.
- Williams, D., Goldstein, G., Carpenter, P., & Minshew, N. (2005). Verbal and Spatial Working Memory in Autism. *J Autism Dev Disord*, 35, 747-56.
- Williams, D. L., Goldstein, G., & Minshew, N. J. (2006a). Neuropsychologic Functioning in Children with Autism: Further Evidence for Disordered Complex Information-Processing. *Child Neuropsychology*, 12(4–5), 279–298.
- Williams, D. L., Goldstein, G., & Minshew, N. J. (2006b). The profile of memory function in children with autism. *Neuropsychology*, 20(1), 21–29.

- Williams, D., & Happé, F. (2009). Pre-conceptual aspects of self-awareness in autism spectrum disorder: The case of action monitoring. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39, 251–259.
- Williams, D., Happé, F., & Jarrold, C. (2008). Intact inner speech use in autism spectrum disorder: evidence from a short-term memory task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49(1), 51–58.
- Williams, D., Payne, H., & Marshall, C. (2013). Non-word Repetition Impairment in Autism and Specific Language Impairment: Evidence for Distinct Underlying Cognitive Causes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(2), 404–417.
- Wilson, C. E., Happé, F., Wheelwright, S. J., Ecker, C., Lombardo, M. V., Johnston, P., ... Murphy, D. G. M. (2014). The Neuropsychology of Male Adults With High-Functioning Autism or Asperger Syndrome: Neuropsychology of male ASD adults. *Autism Research*, 7(5), 68–81.
- Wing, L. (1981). Asperger's syndrome: a clinical account. *Psychological Medicine*, 11(1), 115–129.
- Winter-Messiers, M. A. (2007). From Tarantulas to Toilet Brushes: Understanding the Special Interest Areas of Children and Youth With Asperger Syndrome. *Remedial and Special Education*, 28(3), 140–152.
- Witkin, H. A., Oltman, P. K., Raskin, E., & Karp, S. A. (1971). *A Manual for the Embedded Figure Test*. Consulting Psychologists Press.
- Witwer, A. N., & Lecavalier, L. (2008). Examining the Validity of Autism Spectrum Disorder Subtypes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(9), 1611–1624.
- 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.

- Wong, M., Gnanakumaran, V., & Goldreich, D. (2011). Tactile Spatial Acuity Enhancement in Blindness: Evidence for Experience-Dependent Mechanisms. *Journal of Neuroscience*, *31*(19), 7028–7037.
- Wood, C. L., Warnell, F., Johnson, M., Hames, A., Pearce, M. S., McConachie, H., & Parr, J. R. (2015). Evidence for ASD recurrence rates and reproductive stoppage from large UK ASD research family databases. *Autism Research*, *8*(1), 73-81.
- Woodbury-Smith, M. R., & Volkmar, F. R. (2009). Asperger syndrome. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *18*(1), 2–11.
- Woodbury-Smith, M., Clare, I., Holland, A. J., Watson, P. C., Bambrick, M., Kearns, A., & Staufenberg, E. (2010). Circumscribed interests and “offenders” with autism spectrum disorders: a case-control study. *Journal of Forensic Psychiatry & Psychology*, *21*(3), 366–377.
- World Health Organization. (2011). *International Classification of Diseases - 10th revision - Clinical modification (icd-10)*. Geneva, Switzerland.
- Woynaroski, T. G., Kwakye, L. D., Foss-Feig, J. H., Stevenson, R. A., Stone, W. L., & Wallace, M. T. (2013). Multisensory Speech Perception in Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(12), 2891–2902.
- Wu, H., Ma, X., Zhang, L., Liu, Y., Zhang, Y., & Shu, H. (2015). Musical experience modulates categorical perception of lexical tones in native Chinese speakers. *Frontiers in Psychology*, *6*.
- Xie, S., Karlsson, H., Dalman, C., Widman, L., Rai, D., Gardner, R., Magnusson, C., Schendel, D., Newschaffer, C., & Lee, B. (2019). Family History of Mental and Neurological Disorders and Risk of Autism. *JAMA Netw Open*, *2*(3), e190154.
- You, R. S., Serniclaes, W., Rider, D., & Chabane, N. (2017). On the nature of the speech perception deficits in children with autism spectrum disorders. *Research in Developmental Disabilities*, *61*, 158–171.

- Young, R. (1995). *Savant syndrome: processes underlying extraordinary abilities*. Adelaide, South Australia: University of Adelaide.
- Zobouyan, C., Bertoncini, J. & Serniclaes, W. (2010). *Déficit de perception catégorielle chez les enfants dysphasiques*. XXVIIIèmes Journées d'Etude sur la Parole. Université de Mons. Laboratoire Psychologie de la Perception, CNRS & Université Paris Descartes.
- Zilbovicius, M., Boddaert, N., Belin, P., Poline, J.-B., Remy, P., Mangin, J.-F., ... Samson, Y. (2000). Temporal Lobe Dysfunction in Childhood Autism: A PET Study. *American Journal of Psychiatry*, 157(12),1988–1993.
- Zimmermann, P, & Fimm, B. (2002). A test battery for attentional performance. In: Leclercq M, Zimmermann P, eds. *Applied Neuropsychology of Attention: Theory, Diagnosis and Rehabilitation*,110–51.







*Annexe*



**Encadré. Critères diagnostiques des TSA selon le DSM-5****Trouble du spectre de l'autisme 299.00 (F84.0)**

A. Déficits persistants dans la communication et des interactions sociales observés dans des contextes variés. Ceux-ci peuvent se manifester par les éléments suivants, soit au cours de la période actuelle, soit dans les antécédents (les exemples sont illustratifs et non exhaustifs) :

Déficits de la réciprocité sociale et émotionnelle allant, par exemple, d'anomalies de l'approche sociale et d'une incapacité à la conversation bidirectionnelle normale, à des difficultés à partager les intérêts, les émotions et les affects, jusqu'à une incapacité d'initier des interactions sociales ou d'y répondre.

Déficits des comportements de communication non verbaux utilisés au cours des interactions sociales, allant, par exemple, d'une intégration défectueuse entre la communication verbale et non verbale, à des anomalies du contact visuel et du langage du corps, à des déficits dans la compréhension et l'utilisation des gestes, jusqu'à une absence totale d'expressions faciales et de communication non verbale.

Déficits du développement, du maintien et de la compréhension des relations, allant, par exemple, de la difficulté à adapter son comportement en fonction des différents contextes sociaux aux difficultés à partager, à jouer un jeu imaginaire ou à se faire des amis et à l'absence d'intérêt pour les pairs.

**N.B. Spécifiez la sévérité actuelle : la sévérité repose sur l'importance des déficits de la communication sociale et des modes comportementaux restreints et répétitifs (*cf. ci-dessous*)**

B. Caractère restreint et répétitif des comportements, des intérêts ou des activités, comme en témoignent au moins deux des éléments suivants soit au cours de la période actuelle soit dans les antécédents (les exemples sont illustratifs et non exhaustifs) :

Caractère stéréotypé ou répétitif des mouvements, de l'utilisation des objets ou du langage (p.ex. stéréotypies motrices simples, activités d'alignement des jouets ou de rotation des objets, écholalie, phrases idiosyncrasiques).

Intolérance au changement, adhésion inflexible à des routines ou à des modes comportementaux verbaux ou non verbaux ritualisés (p.ex. détresse extrême provoquée par des changements mineurs, difficulté à gérer les transitions, modes de pensée rigide, ritualisation des formules de salutation, nécessité de prendre le même chemin ou de manger les mêmes aliments tous les jours).

Intérêts extrêmement restreints et fixes, anormaux soit dans leur intensité, soit dans leur but (p. ex. un fort attachement à des objets insolites ou préoccupations à propos de ce type d'objets, intérêts excessivement circonscrits ou persévérants).

Hyper-ou hypo-réactivité aux stimulations sensorielles ou intérêt inhabituel pour les aspects sensoriels de l'environnement (p. ex. indifférence apparente à la douleur ou à la température, réactions

négatives à des sons ou à des textures spécifiques, actions de flairer ou de toucher excessivement les objets, fascination visuelle avec les lumières ou les mouvements). L'expertise perceptuelle améliorée est beaucoup plus spécifique à l'autisme. Par ailleurs, la littérature scientifique présente peu de données empiriques montrant une « hypersensibilité perceptuelle ». Ce dernier point n'a été que modestement étudié pour le toucher (Sapey-Triomphe et al., 2019)

**N.B. Spécifiez la sévérité actuelle : la sévérité repose sur l'importance des déficits de la communication sociale et des modes comportementaux répétitifs et restreints (voir ci-dessous).**

C. Les symptômes doivent être présents dès les étapes précoces du développement (mais peuvent ne pas être complètement manifestes tant que la demande sociale n'excède pas les capacités limitées de la personne ou peuvent être masqués plus tard dans la vie par des stratégies apprises).

D. Les symptômes occasionnent un retentissement cliniquement significatif en termes de fonctionnement actuel social, scolaire/professionnel ou dans d'autres domaines importants.

E. Ces troubles ne sont pas mieux expliqués par un handicap intellectuel ou retard global du développement. La déficience intellectuelle et le TSA sont fréquemment associés. Pour permettre un diagnostic de comorbidité entre un TSA et un handicap intellectuel, l'altération de la communication sociale doit être supérieure à ce qui serait attendu pour le niveau de développement général.

NOTE : Les personnes ayant fait l'objet d'un diagnostic DSM-IV bien établi de troubles autistiques, du syndrome d'Asperger ou d'un trouble envahissant du développement-non spécifié devraient recevoir le diagnostic de troubles du spectre de l'autisme.

### **Niveau de sévérité**

#### **Niveau 3 : « Nécessitant une aide très importante »**

##### **Communication sociale :**

Déficits graves des compétences de communication verbale et non verbale, responsables d'un retentissement sévère sur le fonctionnement : limitation très sévère de la capacité d'initier des relations, et réponse minimale aux initiatives sociales émanant d'autrui. Par exemple, un sujet n'utilisant que quelques mots intelligibles et qui initie rarement ou de façon inhabituelle les interactions surtout pour répondre à des besoins, et qui ne répond qu'à des approches sociales très directes.

##### **Comportements répétitifs et restreints :**

Comportement inflexible, difficulté extrême à faire face au changement ou autres comportements restreints ou répétitifs interférant de façon marquée avec le fonctionnement dans l'ensemble des domaines. Détresse importante / difficulté à faire varier l'objet de l'attention ou de l'action.

**Niveau 2 : « Nécessitant une aide importante »****Communication sociale :**

Déficits marqués des compétences de communication verbale et non verbale : retentissement social apparent, en dépit des aides apportées : capacité limitée à initier des relations et réponse réduite ou anormale aux initiatives sociales émanant d'autrui. Par exemple, un sujet utilisant des phrases simples, dont les interactions sont limitées à des intérêts spécifiques et restreints et qui a une communication non verbale nettement bizarre.

**Comportements répétitifs et restreints :**

Manque de flexibilité du comportement, la difficulté à tolérer le changement ou d'autres comportements restreints / répétitifs sont assez fréquents pour être évidents à l'observateur non averti et retentir sur le fonctionnement dans une variété de contextes. Détresse importante / difficultés à faire varier l'objet de l'attention ou de l'action.

**Niveau 1 : « Nécessitant de l'aide »****Communication sociale :**

Sans aide, les déficits de la communication sociale sont source d'un retentissement fonctionnel observable. Difficulté à initier les interactions sociales et exemples manifestes de réponses atypiques ou inefficaces en réponse aux initiatives sociales émanant d'autrui. Peut sembler avoir peu d'intérêt pour les interactions sociales. Par exemple, un sujet capable de s'exprimer par des phrases complètes, qui engage la conversation mais qui ne parvient pas à avoir des échanges sociaux réciproques et dont les tentatives pour se faire des amis sont généralement étranges et inefficaces.

**Comportements répétitifs et restreints :**

Le manque de flexibilité du comportement à un retentissement significatif sur le fonctionnement dans un ou plusieurs contextes. Difficulté à passer d'une activité à l'autre. Des problèmes d'organisation ou de planification gênent le développement de l'autonomie.



