Université Paris Nanterre
200 av. de la République
92001 Nanterre Cedex
www.parisnanterre.fr

L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES EN SCIENCES SOCIALES

cnrs

Membre de l'université Paris Lumières

École doctorale 139 : Connaissance, langage, modélisation

Sandra Brouche

Étude des signes cliniques de la perception sensorielle des enfants et adolescents sur le spectre de l'autisme

Thèse présentée et soutenue publiquement le 29/11/2024
en vue de l'obtention du doctorat de Psychologie de l'Université Paris Nanterre
sous la direction de Madame **Natalie RIGAL** (Université Paris Nanterre) et de Madame **Fabienne CAZALIS** (EHESS-CNRS)

Jury :

Rapporteure :	Mme Geneviève Petitpierre	Professeure, Université de Fribourg
Rapporteur :	M. Sylvain Moutier	Professeur, Université Paris Cité
Examinateur :	M. Moustafa Bensafi	Directeur de recherche, CNRS
Directrice de thèse :	Mme Natalie Rigal	Professeure, Université Paris Nanterre
Directrice de thèse :	Mme Fabienne Cazalis	Chargée de recherche, EHESS-CNRS

Clinique, Psychanalyse et Développement (CLIPSYD)

Université Paris Nanterre

200 Avenue de la République

92000 Nanterre

https://clipsyd.parisnanterre.fr

Centre d'analyse et de mathématique sociales (CAMS)

EHESS-CNRS

54 Boulevard Raspail

75006 Paris

https://cams.ehess.fr

Remerciements

Merci à mes encadrantes pour avoir partagé ce moment de vie avec moi.

Madame Cazalis, les chocolats que vous m'offriez lors de nos sessions d'écriture m'inspirent profondément.

Madame Rigal, vos conseils disséminés avec attention tout au long de ce parcours continuent de me faire grandir.

Je tiens à remercier le Pr Sylvain Moutier et la Pr Geneviève Petitpierre d'avoir accepté d'expertiser mon travail, ainsi que le Dr Moustafa Bensafi d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. Avoir la possibilité d'échanger avec vous sur ce projet est une grande chance pour moi.

Dans la vie, il y a des mains qui se tendent. Celles de Marina Dumas Mishchenko et de Damien Fouques se sont tendues pour moi. Leur aide a été décisive dans mon parcours de vie en me mettant en contact avec mes encadrantes. Je leur serai toujours reconnaissante pour cela, et je garde ces souvenirs comme des exemples précieux.

J'adresse un grand remerciement à la Maison de l'Enfant et de la Famille du Centre Hospitalier Intercommunal de Créteil. Merci au Pr Jean-Marc Baleyte d'avoir rendu cette collaboration possible, ainsi qu'aux Dre Anne Tugault, Dr Christophe Recasens, et Dre Nora Bouaziz pour m'avoir soutenue dans les recrutements tout au long de ces quatre années. Merci à toute l'équipe du service, dont j'admire le dévouement auprès des enfants qu'ils accompagnent. Bien entendu, il m'est impossible de ne pas mentionner ma chère amie Tina, qui m'a aidée tant personnellement que professionnellement pour que ce travail soit possible. Merci Tina.

Merci à la Dre Emeline Paris, à Josette Antigny, à la Dre Florence Cazard et au Pr Bruno Falissard, pour m'avoir ouvert les portes de la Fondation Vallée et m'avoir aidée dans le recrutement des participants. Merci également au Dr Mohamed Ben Said, à Fanny Kpenou et aux membres du comité de pilotage de TEDIS pour m'avoir donné accès à leur base de données.

Un grand merci à Pascale Haag et Marlène Martin qui m'ont ouvert les portes de la LabSchool pour recruter nos enfants et adolescents. J'ai toujours été accueillie chaleureusement par tous les membres de l'équipe, ainsi que par les élèves et leurs parents.

Merci à Marie Piéron, qui a accepté de faire partie de mon comité de suivi de thèse deux années consécutives et pour ces invitations au *Club Autisme, troubles du neurodéveloppement et Vision*. La précision de ses conseils m'a été des plus utiles. Merci également à Guillemine Chaudoye et Estelle Masson qui ont été membres de mon comité de suivi de thèse en 2022 et 2023, et qui m'ont offert une écoute bienveillante ainsi qu'un soutien fondamental pour poursuivre la route de la thèse.

J'adresse mes remerciements à Emita Varenne et Sholeh Alizadeh Kashani, qui ont contribué à ce projet lors de leur stage. Merci également à Marie Mallet (Auticonsult), qui m'a apporté son aide en tant que data scientist, et à Emma Lahuppe (Labschool) qui m'a prêté main-forte lors des passations.

Merci à l'équipe de psychologie du développement (DSE), Bérengère Rubio, Camille Danner-Touati, Géraldine Espiau-Nordin et Olivier Vecho, qui ont été d'une grande bienveillance envers moi pendant ces quatre ans.

J'ai pris du temps avant d'entrer dans la C14, qui est la salle des doctorant.e.s. Et pourtant, j'ai été accueillie avec de grands sourires. J'ai eu la chance d'avoir des collègues formidables avec lesquels j'ai partagé de bons moments de vie. Merci à toutes et tous.

Merci aux doctorants de l'EHESS, en particulier Louis, qui est venu un jour s'asseoir à ma table à la cantine. Merci à Benjamin, Hanen et Lily.

Merci à Diana, qui m'a aidée dans les recrutements, et aussi avec qui j'ai partagé de nombreux déjeuners dont les discussions m'ont toujours aidée à avancer.

Merci aussi à Mickaël, un jeune réalisateur de talent, avec lequel j'ai passé 48h à faire un court-métrage dans le cadre du concours *Symbiose*, ainsi qu'à l'équipe du concours qui m'ont permise de parler de mon sujet de thèse au grand public.

Merci au Centre Ressource Autisme Île-de-France (CRAIF), les mairies de la ville de Créteil et de Joinville-Le-Pont, ainsi qu'au R.E.L.A.I Jeunesse de Saint-Maur, qui ont diffusé l'étude pour les recrutements.

Merci aussi à l'équipe de *Ma thèse en 180 secondes* qui nous a permis de partager notre thèse, dans des conditions pas toujours simples, juste après la sortie du COVID. Merci à Anne-

Gaëlle Picard, que j'ai souvent sollicitée et qui m'a accompagnée dans toutes mes démarches de collaboration.

Je tiens à remercier trois enseignants inspirants, rencontrés lors de mes déplacements : Mr James Sinclair-Knopp, Lynnie et Ashley, ainsi que toutes les personnes que j'ai rencontrées au cours de mes voyages.

Merci à ma chère amie d'enfance Camille qui a toujours été là, qui est là et qui sera toujours là.

Merci à ma famille, qui est et restera ma plus grande fierté. C'est une chance inestimable que d'avoir pu être aimée ainsi.

Je tiens à adresser une pensée à mon oncle Hamid. Je pense qu'il aurait été un relecteur formidable pour cette thèse, et j'attends le jour où il me donnera son avis.

Enfin, je voudrais adresser mes derniers remerciements aux personnes qui ont participé à cette recherche : aux parents, aux enfants et aux adolescents. J'ai aimé vous écouter, vous rencontrer, apprendre de vous. Je veux que nous continuions à avancer ensemble.

Résumé

Cette thèse a eu pour objectif d'explorer les différences de réactivité sensorielle entre les personnes autistes et celles au développement typique, à travers une analyse des réponses comportementales et physiologiques. Cette question a été abordée par une approche empirique en vue d'améliorer la caractérisation des marqueurs cliniques de la perception sensorielle dans l'autisme. La première étude a exploré cette caractérisation à partir des témoignages de parents d'enfants et d'adultes autistes. L'analyse thématique du corpus de données a mis en évidence plusieurs caractéristiques, telles que le *stimming*, la recherche sensorielle, la surcharge sensorielle et les stratégies de régulation. La seconde étude a évalué la réponse électrodermale lors d'une exposition progressive à des stimulations unisensorielles et multisensorielles chez des enfants âgés entre 6 et 17 ans. Les résultats ont montré une différence significative dans la réponse du système nerveux autonome chez les enfants autistes, caractérisée par une réponse électrodermale plus faible, aussi bien au repos que lors du traitement des stimuli sensoriels, par rapport à celle des enfants au développement typique. Ces différences de régulation autonome suggèrent une modulation atypique du traitement sensoriel chez les enfants autistes, bien que les causes de cette différence restent débattues. Cependant, aucune différence n'a été observée entre le traitement unisensoriel ou multisensoriel, ni entre les enfants les plus jeunes et plus âgés. Il est possible que les stimuli utilisés dans cette étude n'aient pas été suffisamment discriminants pour susciter une réponse émotionnelle distincte. Sur le plan clinique, l'introduction de la réponse électrodermale comme indicateur physiologique, combinée à des évaluations qualitatives, permettrait de caractériser les profils sensoriels, mais aussi de suivre l'efficacité des interventions thérapeutiques. Sur le plan théorique, nos conclusions soulignent la nécessité de réviser les modèles comportementaux de la perception sensorielle en intégrant les facteurs environnementaux et cognitifs, et les modèles neurobiologiques en prenant en compte le rôle de la réponse autonome.

Mots-clés : Autisme, Perception sensorielle, Signes cliniques, Réactivité électrodermale, Évaluation, Enfants/Adolescents.

Discipline : Psychologie du développement, Sciences cognitives

Abstract:

This thesis aimed to explore the differences in sensory reactivity between autistic individuals and those with typical development, focusing on both behavioral and physiological responses. This question was addressed through an empirical approach with the goal of improving the characterization of clinical markers of sensory perception in autism. The first study examined this characterization based on testimonies from parents of autistic children and adults. The thematic analysis of the data highlighted several aspects, such as stimming, sensory seeking, sensory overload, and regulation strategies. The second study measured electrodermal responses during gradual exposure to both unisensory and multisensory stimuli in children aged between 6 and 17 years. The findings revealed a significant difference in autonomic nervous system responses in autistic children, characterized by lower electrodermal activity, both at rest and during sensory processing, compared to typically developing children. These autonomic regulation differences suggest atypical modulation of sensory processing in autism, although the exact causes of this difference remain debated. However, no differences were found between unisensory and multisensory responses, nor between younger and older children. It is possible that the stimuli used in this study were not sufficiently discriminating to elicit a distinct emotional response. Clinically, introducing electrodermal reactivity as a physiological indicator, alongside qualitative assessments, could help characterize sensory profiles and track the effectiveness of therapeutic interventions. Theoretically, our findings highlight the need to revise current models of sensory perception, integrating both environmental and cognitive factors, as well as neurobiological models that take into account the role of autonomic response.

Key words: Autism, Sensory Perception, Clinical Signs, Electrodermal Reactivity, Assessment, Children/Adolescents.

Fields: Developmental psychology, Cognitive science

Selon vous, qu'est-ce que je ressens
quand je saute sur place en tapant des mains ?

Naoki Higashida[1]

[1] Citation extraite du livre « *Sais-tu pourquoi je saute* » écrit à l'âge de 13 ans par Naoki Higashida, écrivain et autiste qui communique grâce à une grille alphabétique. Éditions des Arènes, Paris, 2014 (p. 86).

Table des matières

TABLES DES ILLUSTRATIONS XXI
LISTE DES ABRÉVATIONS XXVIII
AVANT-PROPOS XXXI
CONTEXTE THEORIQUE 1

I. Contexte de l'étude 3

I.1. Clinique de l'autisme 3

I.1.A. Classifications 3
I.1.B. Diagnostic 6
I.1.C. Comorbidités 9
I.1.D. Prises en charge 10

I.2. Questions de santé publique : prévalence et stratégies nationales 14

I.2.A. Prévalence 14
I.2.B. Stratégies nationales pour l'autisme 16

I.3. Étiologie de l'autisme 20

I.3.A. Facteurs génétiques 20
I.3.B. Facteurs environnementaux 21
I.3.C. Facteurs neurophysiologiques 22

II. Perception sensorielle des personnes autistes 26

II.1. Description des différences de perception sensorielle 27

II.1.A. Les travaux pionniers 27
II.1.B. Terminologie concernant les différences de perception sensorielle 29
II.1.C. Prévalence chez les personnes autistes 31
II.1.D. Trajectoires développementales de la perception sensorielle 32

II.2. Place des différences de perception sensorielle dans le tableau clinique de l'autisme 34

II.2.A Méthodologie d'élaboration du tableau clinique 34
II.2.B Tableau clinique de l'enfant 35
II.2.C. Tableau clinique de l'adulte 37
II.2.D. Repérages des différences sensorielles 39

II.3. Revue systématique des méthodes d'évaluation de la perception sensorielle dans l'autisme – article 41

II.3.A. Introduction 41
II.3.B. Méthodologie de la revue systématique 43
II.3.C. Résultats 45
II.3.D. Discussion 56

III. Modèles théoriques de la perception sensorielle dans l'autisme 62

III.1. Les théories issues de la pratique clinique 63

III.1.A. Théorie de l'intégration sensorielle 63
III.1.B. Théorie des seuils de détection et réponses comportementales 66
III.1.C. Modèle écologique de la modulation sensorielle 69

III.2. Les théories issues de la recherche fondamentale 73

III.2.A. Approche neurobiologique 73
III.2.B. Approche computationnelle 78

IV. Biomarqueurs fonctionnels dans l'autisme 83

IV.1. Rythme cardiaque 84
IV.2. Réactivité électrodermale 85
IV.3. Réponse musculaire 87

V. Problématique 90

EXPLORATION EMPIRIQUE 97

I. Étude qualitative : Descriptions parentales de la perception sensorielle dans l'autisme 98

I.1. Objectif 98
I.2. Méthodologie 100

I.2.A. Éthique 100
I.2.B. Recrutement 100
I.2.C. Participants 100
I.2.D. Protocole et matériel 101
I.2.E. Analyse de données 102

I.3. Résultats 110

I.3.A. Thème 1 : Entrée sensorielle 110
I.3.B. Thème 2 : Modulation sensorielle 118
I.3.C. Thème 3 : Impact sur la vie quotidienne 122

I.4. Discussion 125

I.4.A. Entrée sensorielle et outils existants 125
I.4.B. Identifier la modulation sensorielle 126
I.4.C. Réponse sensorielle et impact sur la vie quotidienne 127
I.4.D. Limites 128
I.4.E. Conclusion et implications 129

II. Étude quantitative : Modulation singulière de la réponse autonome lors de l'exposition à des stimuli unisensoriels et multisensoriels chez des enfants et adolescents autiste 131

II.1. Objectifs 131
II.2. Méthodologie 135

II.2.A. Éthique 135
II.2.B. Recrutement 135
II.2.C. Participants 136
II.2.D. Matériel 138
II.2.E. Déroulement de l'étude 141
II.2.F. Traitement des données 143

II.3. Résultats 147

II.3.A. Variables sociodémographiques 147
II.3.B. Normalité des paramètres de la RED 148
II.3.C. Tests des hypothèses 150

II.4. Discussion 159

II.4.A. Hypothèses 1 et 2 : Différences de réactivité électrodermale entre enfants autistes et enfants au développement typique, et impact de l'accumulation sensorielle 159
II.4.B. Hypothèse 3 : Différences de traitement entre stimuli unisensoriels et multisensoriels 160
II.4.C. Hypothèse 4 : Évolution de la réactivité électrodermale avec l'âge 161
II.4.D. Ouvertures 161
II.4.E. Limites 162
II.4.F. Conclusion 162

DISCUSSION GENERALE 165

I. Synthèse des résultats 166
II. Interprétation des résultats 168

II.1. Réactivité comportementale et affective 168

II.1.A. Comportements de recherche sensorielle : une réponse adaptative 168
II.1.B. Surcharge sensorielle : déclencheurs et impacts 169
II.1.C. Stratégies d'autorégulation et d'intervention des parents 170
II.1.D. Limites des modèles 171
II.1.E. Applications 172

II.2. Réactivité physiologique 174

II.2.A. Autisme et différence de régulation du SNA 174
II.2.B. Traitement unisensoriel et multisensoriel 176
II.2.C. Réactivité du SNA selon l'âge 177
II.2.D. Une différence cérébrale 178

II.2.E. Limite de la réactivité électrodermale comme biomarqueurs 180
II.2.F. Applications..... 181

III. Limites des études..... 182
IV. Conclusion générale de la discussion..... 183

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... 185
ANNEXES..... 234

Annexe 1 : Tableaux complémentaires revue systématique..... 235
Annexe 2 : Accord éthique étude groupe de discussion..... 242
Annexe 3 : Fiche de consentement et notice d'information étude qualitative..... 243
Annexe 4 : Manuel intervenant groupe de discussion..... 247
Annexe 5 : Avis favorable du Comité de Protection des Personnes..... 252
Annexe 6 : Convention de collaboration..... 257
Annexe 7 : Formulaire de consentement étude InTEnSeA..... 261
Annexe 8 : Notice d'information titulaires de l'autorité parentale..... 263

8.A. Notice d'information titulaires de l'autorité parentale..... 263
8.B. Notice d'information participants..... 268

Annexe 9 : Résultats complémentaires de l'étude expérimentale..... 282

9.A. Q-Q plots..... 282
9.B. Histogrammes des distributions des moyennes des paramètres de la réactivité électrodermale des deux groupes..... 285
9.C. Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les quatre paramètres de la RED dans le groupe contrôle et le groupe autiste..... 289
9.D. Tableaux des kurtosis des variables de réactivité électrodermale dans le groupe contrôle et le groupe autiste..... 291
9.E. Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney comparant les quatre paramètres électrodermaux entre le groupe contrôle et le groupe autiste pour chaque exposition 293
9.F. Résultats des tests post-hoc entre les paires de conditions pour les moyennes de SCR et SCL dans le groupe contrôle et le groupe autiste..... 296
9.G. Distribution des mesures électrodermales selon l'âge pour les deux groupes ... 298

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 Critères diagnostiques du Trouble du Spectre de l'Autisme DSM-5 4

Figure 2 Changements majeurs dans l'évolution de la classification de l'autisme dans le DSM (APA)..... 5

Figure 3 Domaines d'intervention selon la CIF 11

Figure 4 Synthèse de la partie I.1 13

Figure 5 Synthèse de la partie I.2 19

Figure 6 Liste des gènes et variants du nombre de copies impliqués dans l'autisme 21

Figure 7 Synthèse de la partie I.3 24

Figure 8 Nombre de publications sur la perception sensorielle dans l'autisme depuis 1960. 26

Figure 9 Chronologie de l'histoire de la perception sensorielle dans l'autisme..... 28

Figure 10 Synthèse de la partie II.1..... 33

Figure 11 Synthèse de la partie II.2..... 40

Figure 12 Diagramme PRISMA..... 44

Figure 13 Répartition des méthodes d'évaluation sensorielle chez des personnes autistes dans les articles..... 46

Figure 14 Synthèse de la partie II.3..... 60

Figure 15 Quatre quadrants du modèle du traitement sensoriel de Dunn 68

Figure 16 Inactivation de la connexion synaptique par habituation à long terme..... 69

Figure 17 Modèle écologique de la modulation sensorielle (EMSM) 70

Figure 18 Synthèse de la partie III.1 72

Figure 19 Déséquilibre entre excitation et inhibition neuronale 74

Figure 20 Les circuits hyperfonctionnels dans l'autisme 77

Figure 21 Exemples d'illusions d'optique 79

Figure 22 Synthèse partie III.2 81

Figure 23 Synthèse partie IV 89

Figure 24 Carte thématique des thèmes des descriptions parentales de la perception sensorielle observable chez les personnes autistes 109

Figure 25 Dispositif électrodermal 141

Figure 26 Procédure d'administration des stimuli 142

Figure 27 Interface graphique Ledalab pour le prétraitement du signal électrodermal 143

Figure 28 Exemple d'une analyse de décomposition du signal continu (CDA) sur Ledalab 145

Figure 29 Moyenne des SCL pour le groupe autiste et contrôle lors des expositions visuelles, auditives et audiovisuelles 155

Figure 30 Moyenne des réponses SCR pour le groupe autiste et contrôle lors des expositions visuelles, auditives et audiovisuelles 157

Figure 31 Synthèse de la discussion sur l'étude des descriptions parentales du traitement sensoriel dans l'autisme 173

Figure 32 Proposition de modèles explicatifs de la différence de modulation du système nerveux autonome dans l'autisme 176

Figure 33 Q-Q plots de la répartition de l'âge selon le groupe 282

Figure 34 Q-Q plots de la répartition de l'indice de compréhension verbale selon le groupe 282

Figure 35 Q-Q plots de la répartition de l'âge des premiers mots selon le groupe 283

Figure 36 Q-Q plots de l'âge des premiers pas selon le groupe 283

Figure 37 Histogrammes des moyennes des réponses SCL selon le type d'exposition dans le groupe contrôle (A) et le groupe autiste (B) 285

Figure 38 Histogrammes des moyennes des réponses SCR selon le type d'exposition dans le groupe contrôle (A) et le groupe autiste (B) 286

Figure 39 Histogrammes des moyennes de l'amplitude des réponses SCR selon le type d'exposition dans le groupe contrôle (A) et le groupe autiste (B) 287

Figure 40 Histogrammes des moyennes du taux de pics par minute selon le type d'exposition dans le groupe contrôle (A) et le groupe autiste (B) 288

Figure 41 Nuage de points de la distribution des mesures électrodermales pour les neuf expositions et la baseline pour les deux groupes : (A) groupe autiste, (B) groupe contrôle .. 298

Tableau 1 Liste des guides de recommandations des bonnes pratiques..... 7

Tableau 2 Prévalence des comorbidités chez les personnes autistes par catégorie..... 10

Tableau 3 Les six engagements : Stratégie nationale 2023-2027 pour les troubles du neurodéveloppement : Autisme, DYS, TDAH, TDI..... 18

Tableau 4 Description des cinq niveaux de classification de la perception sensorielle dans l'autisme..... 29

Tableau 5 Item 71 - Intérêts sensoriels inhabituels de l'ADI-R..... 36

Tableau 6 Description des dimensions de la perception sensorielle..... 37

Tableau 7 Synthèse des extraits concernant l'évaluation de la perception sensorielle à partir de différents guides de recommandations cliniques..... 42

Tableau 8 Caractéristiques des participants..... 101

Tableau 9 Exemples de codage des data extracts..... 103

Tableau 10 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème alimentation..... 104

Tableau 11 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème audition..... 105

Tableau 12 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème sensations liées à l'eau..... 105

Tableau 13 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème émotions..... 105

Tableau 14 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème flaveur..... 105

Tableau 15 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème mise en danger..... 106

Tableau 16 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème motricité..... 106

Tableau 17 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème olfaction..... 106

Tableau 18 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème réaction au changement..... 106

Tableau 19 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème stratégie d'autorégulation 107

Tableau 20 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème stratégie parentale 107

Tableau 21 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème surcharge sensorielle 107

Tableau 22 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème toucher 108

Tableau 23 Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème vision 108

Tableau 24 Synthèse des fréquences des data extracts par thèmes et sous-thèmes selon le groupe d'âge 110

Tableau 25 Exemples de data extracts du sous-thème toucher 112

Tableau 26 Exemples de data extracts du sous-thème vision 114

Tableau 27 Exemples de data extracts du sous-thème audition 115

Tableau 28 Exemples de data extracts du sous-thème motricité 116

Tableau 29 Exemples de data extracts du sous-thème surcharge sensorielle 119

Tableau 30 Exemples de data extracts du sous-thème stratégies d'autorégulation 120

Tableau 31 Exemples de data extracts du sous-thème stratégies parentales 121

Tableau 32 Exemples de data extracts du sous-thème difficulté à gérer les changements .. 123

Tableau 33 Exemples de data extracts du sous-thème problèmes d'alimentation 124

Tableau 34 Caractéristiques des participants 137

Tableau 35 Synthèse des étapes du recueil et du traitement des données de l'étude InTEnSeA 146

Tableau 36 Résultats des tests de Shapiro-Wilk et Wilcoxon sur les variables sociodémographiques : normalité et différences entre groupes 147

Tableau 37 Résultats du Wilcoxon-Mann-Whitney concernant la baseline entre les deux groupes 151

Tableau 38 Résultat du test de Wilcoxon-Mann-Whitney concernant les quatre paramètres électrodermaux lors des expositions visuelles et auditives 152

Tableau 39 Résultat du test de Wilcoxon-Mann-Whitney concernant les quatre paramètres électrodermaux lors des expositions audiovisuelles..... 153

Tableau 40 Résultats du test de Friedman concernant la comparaison des moyennes de chaque paramètre électrodermal dans les groupes autiste et contrôle entre les dix expositions 154

Tableau 41 Caractéristiques des questionnaires sensoriels administrés aux enfants et adolescents autistes 235

Tableau 42 Évaluation de la validité de contenu des douze échelles selon les recommandations COSMIN..... 238

Tableau 43 Synthèse des propriétés psychométriques des douze échelles selon les recommandations COSMIN..... 239

Tableau 44 Synthèse des critères d'application/utilisation des outils..... 241

Tableau 45 Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les données SCL dans le groupe contrôle et le groupe autiste..... 289

Tableau 46 Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les données SCR dans le groupe contrôle et le groupe autiste..... 289

Tableau 47 Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les données de l'amplitude des réponses SCR dans le groupe contrôle et le groupe autiste..... 290

Tableau 48 Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les données des taux moyen de pics dans le groupe contrôle et autiste 290

Tableau 49 Résultats du kurtosis pour les données SCL 291

Tableau 50 Résultats du kurtosis pour les données SCR 291

Tableau 51 Résultats du kurtosis pour les données de l'amplitude des réponses SCR..... 292

Tableau 52 Résultats du kurtosis pour les données des taux moyens de pics..... 292

Tableau 53 Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney entre le groupe autiste et le groupe contrôle concernant les expositions visuelles..... 293

Tableau 54 Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney entre le groupe autiste et le groupe contrôle concernant les expositions auditives..... 294

Tableau 55 Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney entre le groupe autiste et le groupe contrôle concernant les expositions audiovisuelles..... 295

Tableau 56 Résultats du test post-hoc entre les paires de mesures SCL du groupe contrôle 296

Tableau 57 Résultats du test post-hoc entre les paires de mesures SCL du groupe autiste . 296

Tableau 58 Résultats du test post-hoc entre les paires de mesures SCR du groupe contrôle 296

Tableau 59 Résultats du test post-hoc entre les paires de mesures SCR du groupe autiste . 297

LISTE DES ABRÉVATIONS

Les abréviations sont définies en français ou en anglais (par ordre alphabétique)

ABA : Applied Behaviour Analysis

ADI-R : Autism Diagnostic Interview - Revised

ADOS : Autism Diagnostic Observation Schedule

ALD : Affection Longue Durée

ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé

APA : American Psychological Association

ASC : Autism Spectrum Condition

ASD : Autism Spectrum Disorder

ASI : Ayres Sensory Integration®

CDA : Continuous Decomposition Analysis

CDC : Centers for Disease Control and Prevention

CIF : Classification Internationale du Fonctionnement

CIM : Classification Internationale des Maladies

CHIC : Centre Hospitalier Intercommunal de Créteil

CNIL : Commission Nationale Informatique et Liberté

CPP : Comité de Protection des Personnes

CRA : Centre Ressource Autisme

CRAIF : Centre Ressource Autisme Île-de-France

DSM : Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders

EEG : Électroencéphalographie

EMDR : Eye Movement Desensitization and Reprocessing

EMG : Électromyographie

EMSM : Ecological Model of Sensory Modulation

FALC : Facile à lire et à comprendre

FC : Fréquence cardiaque

FE : Fonction exécutive

GIS : Groupe d'Intérêt Scientifique

HAS : Haute Autorité de Santé

HYPO : Hyporéactivité

HYPER : Hyperréactivité

Hz : Hertz

InTEnSeA : Intégration et Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme

ICV : Indice de Compréhension Verbale

IS : Intégration Sensorielle

MDPH : Maison Départementale pour les Personnes Handicapées

MR : Méthodologie de référence

NIMH : National Institute of Mental Health

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PACT : Pediatric Autism Communication Therapy

PRISMA : Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

QI : Quotient Intellectuel

RDoC : Research Domain Criteria Project

RED : Réactivité électrodermale

RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données

RIM-P : Recueil d'Informations Médicalisées en Psychiatrie

RIPH : Recherches Impliquant la Personne Humaine

RPB : Recommandations de Bonnes Pratiques

SA : Spectre de l'Autisme

SCL : Skin Conductance Level

SCR : Skin Conductance Response

SIRS : Intérêt inhabituel

SMD : Sensory Modulation Disorder

SN : Système nerveux

SNC : Système Nerveux Central

SNA : Système Nerveux Autonome

SNS : Système Nerveux Sympathique

SNDS : Système National De Santé

SP : Sensory Processing

SSR : Sympathetic Skin Response

TCC : Thérapie Cognitive et Comportementale

TDAH : Trouble de l'Attention avec ou sans Hyperactivité

TDI : Trouble du Développement Intellectuel

TEACCH : Treatment and Education of Autistic and related Communication Handicapped Children

TED (1) : Trouble Envahissant du Développement

TED (2) : Thérapie d'Échange et de Développement

TND : Trouble du NeuroDéveloppement

TSA : Trouble du Spectre de l'Autisme

UPN : Université Paris Nanterre

VFC : Variabilité de la fréquence cardiaque

VPA : Valproic Acid

VRB : Volontaire de Recherche Biomédicale

µS : Microsiemens

N.B. : Ces sigles ou acronymes sont toujours définis dans le texte avant d'être utilisés comme abréviations.

Avant-propos

En tant que psychologue clinicienne, j'ai pu observer au cours de ma pratique la complexité de l'autisme tant sur le plan individuel, familial que sociétal. Ce travail m'a profondément sensibilisée à l'aspect clinique de cette condition et m'a conduite à considérer la perception sensorielle comme un élément central dans la manifestation de l'autisme. Malgré l'intérêt croissant et l'évolution de la conception de l'autisme au niveau mondial ces vingt dernières années, de nombreuses questions persistent, notamment en ce qui concerne le rôle prépondérant de la perception sensorielle dans le tableau clinique. Bien que des efforts de recherche aient été déployés sur ce thème, la nature des processus sous-jacents reste encore sujette à débat. En conséquence, les outils cliniques pour l'évaluation et la prise en charge peuvent présenter des limites.

Mon projet de thèse s'inscrit donc dans cette perspective. Mon objectif a été d'étudier la caractérisation de la perception sensorielle chez les personnes autistes à travers la littérature et d'explorer les signes cliniques qui permettraient le développement d'évaluations plus précises et adaptées à la diversité de cette population. Notamment, une meilleure compréhension des profils sensoriels permettrait de construire des projets thérapeutiques en accord avec les besoins de l'individu. En somme, cette démarche découle d'une volonté de répondre à un besoin urgent dans la pratique clinique actuelle qui vise à améliorer la qualité des interventions, dont la demande n'a cessé d'augmenter ces dernières années.

Le choix du langage, en particulier par la communauté scientifique, recouvre un enjeu majeur dans la mesure où il est susceptible d'influencer les attitudes du grand public concernant des problématiques sensibles au niveau sociétal. Hormis les termes que l'on ne peut pas modifier au risque de perdre l'exactitude des sources citées (classifications officielles, références historiques), les termes choisis s'appuient sur les travaux et réflexions concernant le choix de langage le plus adapté par les chercheurs pour parler de l'autisme (Botha et al., 2023; Bottema-Beutel et al., 2021; Bury et al., 2023; Kapp et al., 2013; Kenny et al., 2016). Ainsi, au lieu de parler de « trouble du spectre de l'autisme » (TSA), j'utiliserai les termes « autisme », « condition » ou « sur le spectre ». De même, la notion d'autisme de haut niveau/bas niveau, avec ou sans déficience, sera remplacée par des termes tels que « points forts » ou « besoins spécifiques ». L'aspect sensoriel sera décrit en termes de « différences » plutôt que d'« atypies », d'« anomalies » ou de « spécificités ».

Contexte Théorique

Le traitement de l'information sensorielle est notre principal contact avec le monde qui nous entoure. La manière dont nous percevons influence notre développement, notamment à travers les apprentissages, et impacte nos comportements. Chez les personnes autistes, la perception sensorielle est décrite comme présentant des différences. Cependant, sa caractérisation reste non consensuelle, tant sur le plan clinique que sur celui de la recherche.

Pourtant, la compréhension des différences sensorielles s'avère nécessaire pour deux raisons : l'une au niveau clinique, l'autre sur le plan conceptuel et de la recherche. D'une part, cet élément, bien qu'étant décrit depuis les premiers travaux sur l'autisme, a un retentissement significatif sur l'adaptation des personnes autistes en société. En 2020, une enquête Ipsos menée auprès de 12 000 répondants en France a révélé que 39 % des enfants et adolescents autistes n'étaient pas scolarisés, et que 47 % des adultes autistes étaient sans emploi (Délégation interministérielle autisme et troubles du neurodéveloppement, 2020). Les personnes concernées et leurs familles peuvent se retrouver isolées à différents niveaux, ce qui est un facteur d'augmentation des risques psycho-sociaux. D'autre part, cette manifestation peut être un élément clé dans la compréhension globale de l'autisme compte tenu de sa survenue précoce dans le développement de l'individu.

Dans cette thèse, nous proposons de nous intéresser à l'identification des signes cliniques liés aux différences de perception sensorielle dans l'autisme. Afin d'expliquer notre démarche, nous exposerons dans un premier temps le contexte de l'étude avec une revue brève de l'état de connaissance concernant l'autisme. Dans une deuxième partie, nous approfondirons la question de la perception sensorielle dans l'autisme en présentant une description des tableaux cliniques chez l'enfant et l'adulte, ainsi qu'une revue systématique sur les méthodes et outils d'évaluation de la perception sensorielle. La troisième partie sera consacrée aux modèles théoriques qui proposent une conceptualisation de la perception sensorielle dans l'autisme. Nous évaluerons les modèles issus des champs de la clinique et de la recherche, y compris les approches neurobiologiques et computationnelles. Dans une quatrième partie nous présenterons les biomarqueurs fonctionnels et leur état de connaissances concernant les différences sensorielles chez les personnes autistes. Enfin, dans la dernière partie, nous définirons notre problématique et nos hypothèses de recherche en précisant comment ce travail permet de contribuer à une meilleure compréhension et identification de la perception sensorielle dans l'autisme.

I. Contexte de l'étude

La conception de l'autisme a considérablement évolué au cours des trois dernières décennies, rendant nécessaire une contextualisation dans les cadres clinique, sociétal et scientifique actuels. La première section de ce travail abordera la clinique de l'autisme à l'appui des classifications internationales et des guides de recommandations officiels, afin de mettre en lumière les étapes clés du processus diagnostique. La complexité du tableau clinique sera également illustrée, notamment à travers la question des comorbidités et des différentes interventions thérapeutiques. La deuxième section sera consacrée aux enjeux de santé publique liés à l'autisme en France et dans le monde. Enfin, la dernière section proposera une description exhaustive des facteurs étiologiques reconnus comme étant impliqués dans l'autisme.

I.1. Clinique de l'autisme

I.1.A. Classifications

L'autisme est une condition neurodéveloppementale, généralement diagnostiquée durant l'enfance et définie comme un « spectre » incluant un éventail de profils cliniques, avec des gradients de sévérité variables selon le retentissement sur le fonctionnement de l'individu. Les classifications officielles de référence, la *Classification Internationale des Maladies* (CIM-11, WHO, 2019) et le *Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux* (DSM-5, APA, 2013) ont pour but de fournir une terminologie commune entre les cliniciens pour établir des diagnostics. Les dernières versions respectives ont été révisées pour trois raisons principales : (1) obtenir des statistiques nationales de santé ; (2) répliquer des résultats scientifiques ; (3) homogénéiser les diagnostics auprès des cliniciens. Les deux classifications intègrent à ce jour le Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) dans la section des troubles neurodéveloppementaux.

Historiquement, l'autisme a été inclus pour la première fois en tant que diagnostic en 1980 dans le DSM-III. Antérieurement, les enfants présentant des critères similaires recevaient le diagnostic de schizophrénie infantile. De nos jours, le DSM-5 propose deux groupes de critères pour définir l'autisme : les déficits persistants de la communication et des interactions sociales et le caractère restreint des comportements, des intérêts ou des activités (Figure 1). Trois niveaux de sévérité sont proposés pour le diagnostic, basés sur le niveau d'aide humaine nécessaire à la personne (du niveau 3 – sévère, au niveau 1 – léger). La présence d'un déficit

intellectuel, d'une altération du langage, ou d'une pathologie médicale ou génétique associée doit être spécifiée.

Figure 1

Critères diagnostiques du Trouble du Spectre de l'Autisme DSM-5

Critères diagnostiques 299.00 (F84.0)

A. Déficits persistants de 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 :

1. Déficits de la réciprocité sociale ou 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.
2. 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.
3. Déficits du développement, du maintien et de la compréhension des relations, allant, par exemple, de difficultés à ajuster le comportement à des contextes sociaux variés, à des difficultés à partager des jeux imaginatifs ou à se faire des amis, jusqu'à l'absence d'intérêt pour les pairs.

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 :

1. 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).
2. 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 rigides, ritualisation des formules de salutation, nécessité de prendre le même chemin ou de manger les mêmes aliments tous les jours).
3. Intérêts extrêmement restreints et fixes, anormaux soit dans leur intensité, soit dans leur but (p. ex. attachement à des objets insolites ou préoccupations à propos de ce type d'objets, intérêts excessivement circonscrits ou persévérants).

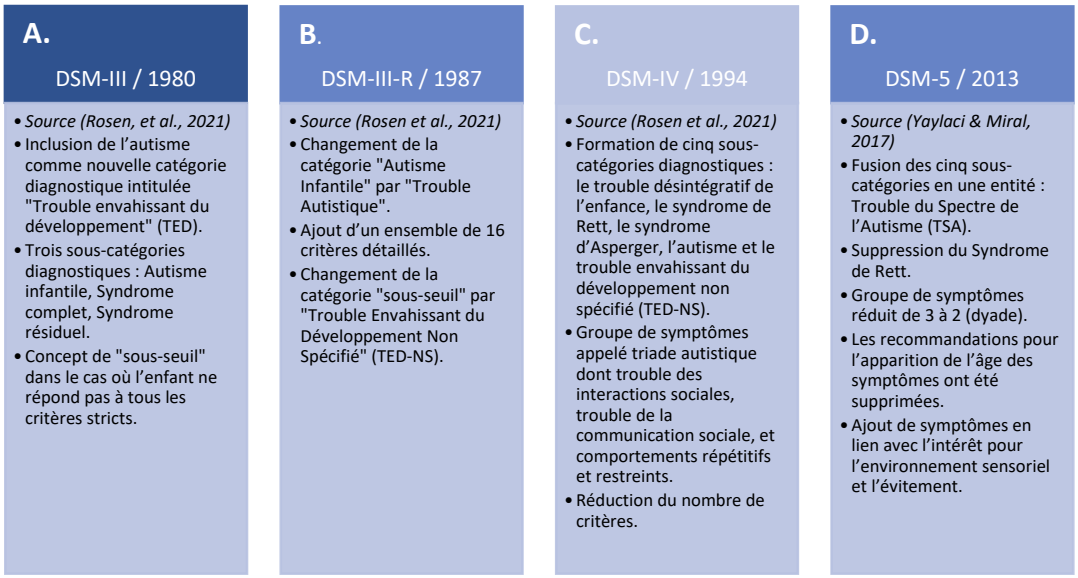
4. **Hyper ou hyporéactivité aux stimulations sensorielles ou intérêts inhabituels pour les aspects sensoriels de l'environnement** (p. ex. indifférence apparente à la douleur ou à la température, réactions négatives à des sons ou à des textures spécifiques, actions de flairer ou de toucher excessivement les objets, fascination visuelle pour les lumières ou les mouvements).

Note. Source (APA, 2013).

Les versions successives du DSM ont connu des mises à jour du diagnostic d'autisme, traduisant l'évolution de la compréhension de cette condition (Figure 2).

Figure 2

Changements majeurs dans l'évolution de la classification de l'autisme dans le DSM (APA)



La description de l'autisme est intégrée pour la première fois dans une classification en 1980, sous le nom de Trouble Envahissant du Développement (TED) (Figure 2a). Néanmoins, une révision a rapidement été apportée en raison du manque de flexibilité des critères proposés. Lors de la révision du DSM-III en 1987, deux changements majeurs ont été intégrés : (1) le terme autisme infantile a été modifié pour trouble autistique, et (2) un ensemble de 16 critères détaillés, organisés en trois domaines, a été ajouté (Figure 2b). Cette catégorisation a été jugée par plusieurs groupes d'experts comme « trop large » (Volkmar et al., 1994). Pour pallier cette limite, le DSM-IV, paru en 1994, a apporté cinq sous-catégories diagnostiques supplémentaires (Figure 2c). Le passage du DSM-IV au DSM-5 a marqué un changement significatif avec l'abandon des sous-catégories spécifiques au profit d'une approche dimensionnelle (Figure 2d).

Cette modification avait pour but de regrouper les symptômes en une seule entité et a été motivée par plusieurs études qui ont mis en avant les limites des sous-catégories diagnostiques du DSM-IV, dont (Georgiades et al., 2013; Rosen et al., 2021) : (1) une variabilité entre les sous-groupes, (2) une faible différenciation des trajectoires développementales et un manque de clarté diagnostique entre les sous-groupes. Une fusion des critères d'interactions sociales et de communication sociale a également été effectuée, aboutissant à un total de deux critères au lieu de trois. Enfin, un sous-critère prenant en compte la perception sensorielle a été ajouté dans le domaine des comportements restreints et stéréotypés.

La CIM, quant à elle, a intégré le diagnostic d'autisme en 1990 lors de sa 10e révision. Elle comportait alors sept sous-catégories regroupées dans la section TED. La nouvelle version de la CIM-11 s'est alignée sur les modifications du DSM et a changé la section TED en TSA (WHO, 2019).

L'intégration de la notion de « spectre » dans les classifications témoigne de la diversité, mais aussi de la difficulté à caractériser l'autisme sur la base d'observations cliniques. Ces dernières années, face aux critiques sur la validité du DSM, un projet de classification fondé sur les connaissances acquises dans les neurosciences a été proposé en alternative, nommée *Research Domain Criteria Project* (RDoC). Cette initiative du *National Institute of Mental Health* (NIMH) vise à établir un lien entre les comportements observables et les mesures biologiques (https://www.nimh.nih.gov/research/research-funded-by-nimh/rdoc). Cet effort collectif de recherche permettrait de mieux définir les contours de chaque condition, et en particulier pour l'autisme, contribuerait à l'amélioration de la phase diagnostique.

En France, la Haute Autorité de Santé (HAS) a publié en 2018 une note de synthèse sur les recommandations de bonnes pratiques concernant les signes d'alerte, le repérage, le diagnostic et l'évaluation chez l'enfant et l'adolescent. Cette note soulignait l'importance « […] d'harmoniser les pratiques et procédures en vue d'un diagnostic initial de TSA […] » (p. 6). Les classifications jouent ici un rôle clé pour améliorer la validité des critères et des outils diagnostiques.

I.1.B. Diagnostic

L'âge du diagnostic se fait en moyenne vers l'âge de cinq ans (Kuo et al., 2022; Shattuck et al., 2009). Des guides de recommandations des bonnes pratiques nationaux et internationaux

à destination des professionnels ont été élaborés par les instances officielles de santé de différentes régions afin d'homogénéiser les phases de dépistage, de diagnostic et de prise en charge (Tableau 1).

Tableau 1

Liste des guides de recommandations des bonnes pratiques

National	International
Haute Autorité de Santé (HAS) Agence nationale de l'évaluation et de la qualité des établissements et services sociaux et médico-sociaux (ANESM) *Enfants* • Trouble du spectre de l'autisme : Signes d'alerte, repérage, diagnostic et évaluation chez l'enfant et l'adolescent (2018) • Interventions chez l'enfant et l'adolescent (2012) *Adultes* • Interventions et parcours de vie de l'adulte (2018) • Repérage et diagnostic chez l'adulte (2011)	American Academy of Pediatrics (AAP), USA (diffusé par le Centers for Disease Control and Prevention, CDC) • Identification, Evaluation, and Management of Children with Autism Spectrum Disorder American Academy of Child and Adolescent of Child and Adolescent Psychiatry (AACAP), USA • Practice parameter for the assessment and treatment of children and adolescent with autism spectrum disorder National Health Service (NHS), UK • Assessment, diagnosis and clinical interventions for children and young people with autism spectrum disorder

Ces guides sont régulièrement actualisés sur la base des avancées de la recherche scientifique. Leurs recommandations, relativement similaires, favorisent une approche commune de la compréhension de l'autisme.

Le plus souvent, le repérage de l'autisme se fait par les intervenants dits de première ligne, notamment par l'entourage proche de l'enfant (famille, médecins, auxiliaires de puériculture, enseignants, etc.). Ces acteurs sont les plus susceptibles de repérer tout signe

inhabituel du développement de l'enfant. Parmi les éléments les plus souvent rapportés comme signe d'alerte, le retard de langage est le plus souvent décrit comme source primaire d'inquiétude des parents (Mayo et al., 2013; Mody & Belliveau, 2012). Dans le cas où, suite à un repérage effectué par un professionnel du médico-social[2], la suspicion d'autisme est confirmée, l'enfant et sa famille sont alors orientés vers des unités de deuxième ligne, qui effectuent un bilan approfondi afin de confirmer ou non le diagnostic et débuter les prises en charge si nécessaire. Le laps de temps entre les signes d'alertes et la mise en place des premières prises en charge doit être le plus court possible afin de soutenir le développement de l'enfant (Haute Autorité de Santé, 2018). Le diagnostic est officiellement posé par un pédopsychiatre, mais la démarche diagnostique se fait par une équipe pluridisciplinaire.

Dans le cadre de l'évaluation, une liste d'examens systématiques a été établie afin de vérifier la suspicion d'autisme. Les examens sont les suivants :

- Examen pédiatrique complet ;
- Bilan orthophonique ;
- Observation clinique ;
- Anamnèse développementale ;
- Examen du fonctionnement (communication, langage, profil cognitif, fonctions psychomotrices ou neuromotrices, processus d'intégration sensorielle) ;
- Diagnostic des pathologies ou des troubles associés.

Deux instruments standardisés sont reconnus comme *gold standard* par la communauté scientifique pour contribuer au diagnostic. L'entretien pour le diagnostic de l'autisme (ADI-R, Rutter et al., 2003) est un entretien semi-directif qui permet d'explorer le développement de l'enfant avec le parent. Le second est un outil d'observation pour le diagnostic de l'autisme (ADOS-2, Lord et al., 2012) qui permet d'évaluer les réponses de l'enfant face à des sollicitations sociales. Toutefois, ces instruments restent une aide pour former un jugement clinique, car le diagnostic d'autisme est avant tout un diagnostic clinique, c'est-à-dire posé par un clinicien. En conséquence, le diagnostic reste une phase complexe pour plusieurs raisons :

[2] https://handicap.gouv.fr/IMG/pdf/brochure_reperage_tnd_2020.janv.pdf

(1) Les profils cliniques dans l'autisme peuvent avoir des présentations très différentes. Les personnes sur le spectre présentent une hétérogénéité sur les plans cognitif, moteur et sensoriel (Geschwind & Levitt, 2007; Masi et al., 2017; Thapar & Rutter, 2021). On note des variations interindividuelles sur la présence ou l'absence de certains signes cliniques, l'intensité des symptômes, ainsi que leur évolution. Cette diversité est l'une des causes principales de la difficulté de caractérisation clinique de l'autisme.

(2) Il n'existe pas, à ce jour, de marqueurs biologiques ou pathognomoniques permettant d'identifier l'autisme. Les évaluations utilisées restent dépendantes des outils et professionnels et peuvent présenter des biais (Haute Autorité de Santé, 2018).

(3) Des syndromes comorbides sont très fréquemment associés à l'autisme et peuvent rendre le tableau clinique opaque (Lai et al., 2014).

I.1.C. Comorbidités

Selon le DSM-5, « […] environ 70 % des individus ayant un trouble du spectre de l'autisme ont un trouble mental comorbide et 40 % ont deux comorbidités psychiatriques ou plus » (American Psychiatric Association, 2013, p. 143). Un certain nombre de pathologies associées à l'autisme ont été recensées (Kohane et al., 2012; Lai et al., 2014; Levy et al., 2010; Simonoff et al., 2008). Il est possible de les classer en trois catégories : (1) somatique, (2) neurodéveloppementale et (3) psychiatrique. Une liste exhaustive des pathologies chez l'enfant a été constituée ci-dessous par type de troubles (Tableau 2). Il convient de noter que les amplitudes des intervalles de prévalence peuvent être influencées par deux facteurs majeurs, à savoir les différences entre les pays en termes de systèmes de soins et les évolutions dans les classifications utilisées.

Certains troubles somatiques sont reconnus comme étant plus fréquents chez les personnes autistes que dans la population générale, bien que leur lien avec l'autisme ne soit pas encore formellement établi. Les troubles neurodéveloppementaux présentent un cas particulier, car ils font partie du même groupe de classification que l'autisme. Les cliniciens peuvent être confrontés à un risque de chevauchement des symptômes et aussi d'interactions complexes entre les troubles au fil du temps. Les troubles psychiatriques dans l'autisme présentent une forte co-occurrence par rapport à la prévalence en population générale. Au moins un trouble psychiatrique est associé à 10 % des enfants autistes (Levy et al., 2010). Cette synthèse des

comorbidités dans l'autisme permet de mettre en évidence les interactions complexes entre différents troubles, avec pour conséquence des tableaux cliniques très variés. L'identification des comorbidités est pourtant cruciale pour une personne autiste afin d'avoir une compréhension globale de son fonctionnement et permettre la mise en place d'approches d'interventions ciblées.

Tableau 2
Prévalence des comorbidités chez les personnes autistes par catégorie

Catégories	Pathologies (prévalence %)
(1) Troubles somatiques	Épilepsie (entre 6,6 % et 23,7 %)
	Maladie génétique : trisomie 21 (0,9 %) ; X fragile (0,5 %)
	Trouble du sommeil (entre 43 % et 66 %)
	Troubles intestinaux (entre 11,6 % et 59 %)
(2) Troubles neurodéveloppementaux	Trouble du développement intellectuel (TDI) (entre 30 % et 70 %)
	Trouble déficit de l'attention/hyperactivité (TDA/H) (entre 28 % et 44 %)
(3) Troubles psychiatriques	Trouble anxieux : anxiété généralisée (entre 5 % et 35 %), trouble obsessionnel compulsif (entre 1 % et 37 %), trouble d'anxiété sociale (entre 10 % et 20 %)
	Trouble de l'humeur (entre 0 % et 30 %)

Note. Source HAS (2018).

I.1.D. Prises en charge

La phase de construction du projet d'intervention spécialisé intervient rapidement après l'annonce diagnostique. Elle se réalise en co-élaboration avec la famille et avec l'accord de l'enfant lorsque cela est possible. Une équipe multidisciplinaire est souvent mobilisée pour pouvoir coordonner le projet de prise en charge. En 2012, la HAS a publié un rapport dédié aux interventions chez l'enfant, détaillant les Recommandations de Bonnes Pratiques (RBP), classées en fonction du niveau de preuve scientifique associé à chaque intervention. Sur la base de ce rapport, trois approches sont recommandées : éducatives, thérapeutiques et développementales.

- Les approches éducatives se concentrent sur le renforcement des apprentissages de l'enfant selon son niveau de développement (*Applied Behaviour Analysis* – ABA,

Treatment and Education of Autistic and related Communication Handicapped Children – TEACCH, programme développemental de Denver). Certaines peuvent aussi prendre la forme de guidance/soutien parental (*Pediatric Autism Communication Therapy* - PACT, groupe de parents).

- Les approches thérapeutiques fournissent un soutien concernant le bien-être de l'individu. Cela peut inclure des thérapies psychologiques (Thérapie d'Échange et de Développement – TED, Thérapie Cognitive et Comportementale – TCC, *Eye Movement Desensitization and Reprocessing* – EMDR), ainsi que la mise en place de traitements médicamenteux dans les cas nécessaires.
- Enfin, l'approche développementale met l'accent sur le développement global de l'individu en se concentrant sur ses compétences. L'objectif est de créer un environnement favorable pour accompagner de manière optimale l'enfant dans son développement.

Il est important de noter que ces trois approches ne doivent pas être dissociées dans la prise en charge d'un enfant autiste. Les domaines à soutenir lors d'une prise en charge ont été établis à partir de la Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF) (Figure 3).

Figure 3

Domaines d'intervention selon la CIF

CIF*	Domaines
Fonctionnement	communication et langage
	interactions sociales ou socialisation
	cognitif
	sensoriel et moteur
	émotions et comportement
	somatique
Activités et participation	autonomie dans les activités quotidiennes
	apprentissages, en particulier scolaires et préprofessionnels
Facteurs environnementaux	environnement familial
	environnement matériel

Note. Source (Haute Autorité de Santé, 2012).

Chacun de ces domaines requiert une évaluation régulière afin d'ajuster le projet de soins. Le nombre de domaines ciblés souligne l'importance d'une équipe coordonnée et

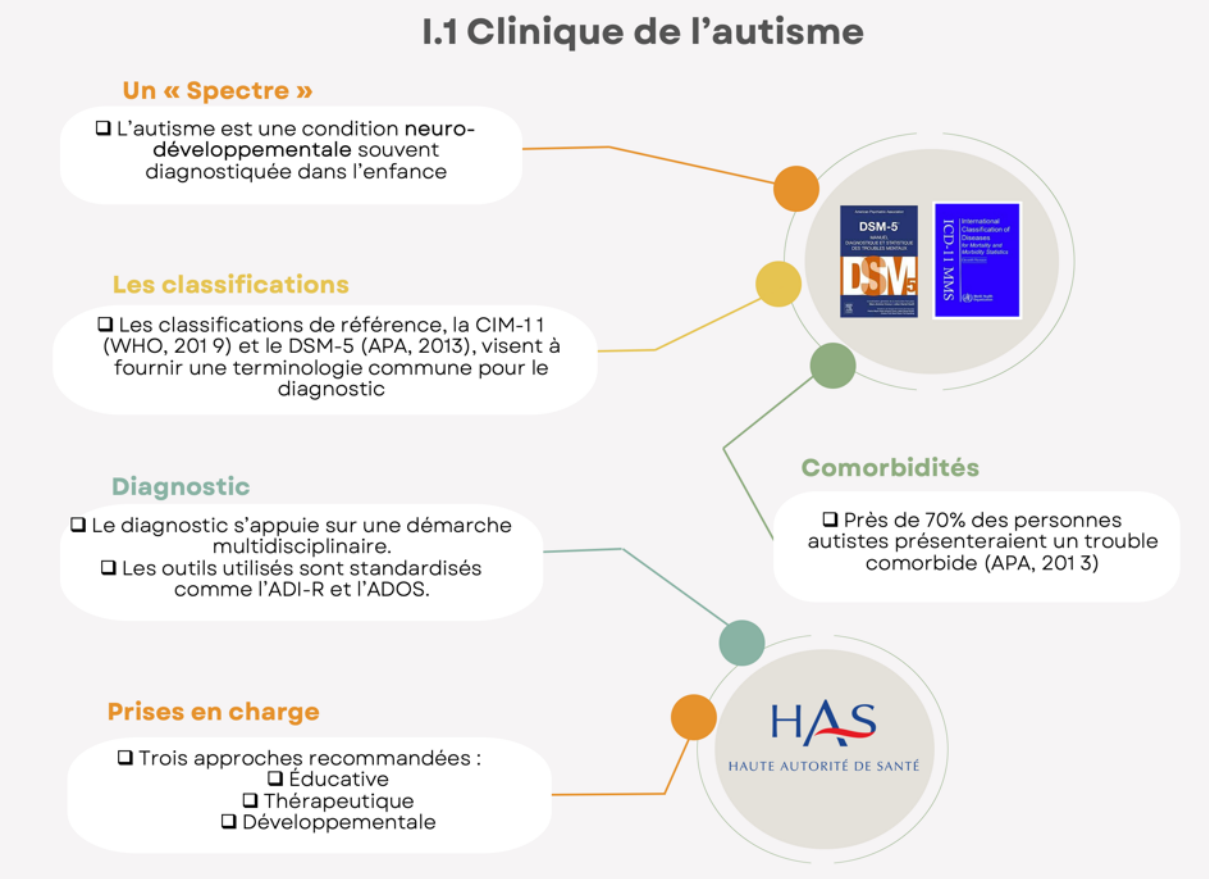
multidisciplinaire. Notamment parmi les enjeux de la prise en charge, les RBP fournies par les instances de santé apportent un repère important aux professionnels. Cependant, l'évolution des pratiques nécessitera, dans les prochaines années, des réévaluations régulières des pratiques existantes et émergentes, afin de proposer une palette d'interventions la plus adaptée possible. Comme le souligne le rapport de la HAS (2012), « aucun traitement médicamenteux ne guérit l'autisme ou les TED » et « aucune approche éducative ou thérapeutique ne peut donc prétendre restaurer un fonctionnement normal » (p. 4).

Conclusion sur la clinique de l'autisme

Cette partie consacrée à la description de l'autisme nous a permis de mieux comprendre comment cette condition est caractérisée en particulier dans le milieu clinique (Figure 4). Les diagnostics et prises en charge déployés permettent notamment de mener des études épidémiologiques plus approfondies sur les prévalences. Ces dernières années, l'évolution de la compréhension de l'autisme a eu un impact significatif sur les prévalences observées dans la population générale (Elsabbagh et al., 2012; Mottron & Bzdok, 2020; Rødgaard et al., 2019). Les études de prévalence épidémiologiques ont un intérêt majeur pour mieux comprendre l'impact d'une condition et ainsi construire des plans d'action pertinents que ce soit dans le domaine de la recherche ou des politiques de santé. Les études sur ce sujet seront examinées dans la partie suivante.

Figure 4

Synthèse de la partie I.1



I.2. Questions de santé publique : prévalence et stratégies nationales

Entre 1960 et 2020, les prévalences de l'autisme ont présenté des taux de variation notables (Rødgaard et al., 2019). Pour expliquer ce phénomène, plusieurs équipes de recherche se sont penchées sur la question. Dans cette section seront explorées les hypothèses à l'origine de ces variations ainsi que les stratégies nationales mises en place pour y répondre.

I.2.A. Prévalence

Dans le monde

Concernant la prévalence mondiale de l'autisme, les données disponibles sont issues de revues systématiques de la littérature chez l'enfant et l'adulte. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estimait en 2012 qu'environ une personne sur 160 dans le monde était concernée par l'autisme (Elsabbagh et al., 2012). Une révision de la littérature en 2022 a montré une augmentation avec environ une personne sur 100 (Zeidan et al., 2022). L'étude la plus récente du *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), menée aux États-Unis, a estimé une prévalence d'un enfant américain sur 36 âgé de 8 ans, ce qui représente le taux le plus élevé par rapport aux estimations effectuées pendant la période 2000-2018 (Maenner et al., 2023).

La majorité des études proviennent des États-Unis et d'Europe du Nord (Angleterre, Danemark, Suède, France). On constate que les prévalences varient considérablement selon les études (de 1,09/10 000 à 436/10 000), ce qui souligne les défis pour obtenir une estimation précise de la prévalence de l'autisme (Fombonne et al., 2019).

En France

Les premières études épidémiologiques portant sur l'autisme en France ont débuté dans les années 1980, à partir du recueil de données rétrospectives auprès de services médicaux, médico-sociaux et libéraux. Elles ont démontré des prévalences comparables, situées entre 4,7 et 5,1 pour 10 000 enfants âgés de 5 à 12 ans (Ausilloux et al., 1989; Cialdella & Mamelle, 1989). Éric Fombonne, reconnu aujourd'hui comme l'un des experts mondiaux en épidémiologie de l'autisme, a souligné le risque d'une sous-représentation de ces chiffres dans la population générale, du fait que les enfants n'avaient pas été directement évalués pour l'étude (Fombonne & Du Mazaubrun, 1992). Deux limites principales, mises en évidence par ces travaux, ont servi de base pour les stratégies nationales concernant l'autisme dans les années

qui ont suivi (cf. partie I.4). Premièrement, les diagnostics relevés étaient issus des données des commissions départementales de l'éducation spéciale, ce qui a renforcé la nécessité de développer un dispositif de surveillance à l'échelle nationale. Deuxièmement, les auteurs ont décrit avoir dû procéder à un recodage des diagnostics, ce qui a souligné le besoin d'homogénéisation des pratiques.

Dans les années qui ont suivi, les registres de population sur les handicaps de l'enfant, RHEOP et RHE31 (départements de l'Isère, Savoie, Haute-Savoie et de la Haute-Garonne), ont été utilisés pour contribuer à la surveillance épidémiologique de l'autisme par Santé Publique France. En 2015, les chiffres pour les enfants âgés de sept ans révolus étaient de 74/10 000 (RHE31) et 48/10 000 (RHEOP).

En France, l'unique étude estimant la prévalence de l'autisme à l'échelle nationale et dans l'ensemble de la population est celle de Ha et al. (2020). D'après le rapport de ces auteurs, on comptait 119 260 Français atteints d'autisme en 2017. Ce chiffre se base sur les données issues du système national de santé (SNDS) entre 2010 et 2017, qui incluent le recueil d'informations médicalisées en psychiatrie (RIM-P). Sur 10 000 individus, les résultats ont montré une prévalence de 17,9 individus pour les 5-9 ans, de 55,3 pour les moins de 15 ans, et entre 1 et 2 après 35 ans. Dans la discussion de ces résultats, les auteurs ont émis l'hypothèse que la décroissance du diagnostic d'autisme après 15 ans pourrait s'expliquer par le non-renouvellement des affections longue durée (ALD) sur lesquelles les diagnostics étaient comptabilisés dans l'étude. Une autre limite aurait été que les données traitées par le SNDS ne prennent pas en compte les prises en charge médico-sociales, qui représentent pourtant une proportion non négligeable des prises en charge des personnes autistes, avec pour conséquence une sous-estimation de la réelle prévalence en population générale.

Les chiffres avancés par la stratégie nationale pour l'autisme et les troubles du neurodéveloppement (TND) diffèrent considérablement des précédents, avec 700 000 individus concernés par l'autisme en France (soit 1 % de la population). Cet écart s'explique par le fait que ces estimations reposent sur une synthèse de la littérature mondiale, concluant à une prévalence moyenne de 10 pour 1 000 (Zeidan et al., 2022).

Discussion sur les prévalences nationales et internationales

En conclusion, les données épidémiologiques sur l'autisme montrent des différences significatives de prévalence selon les études (entre 0,01 et 4,36 %). Les modalités de recueil de

données sont l'une des sources de cette disparité, en raison de méthodologies variées (enquête, données rétrospectives, examen de dossiers, examen clinique). Comme le mentionnent Fombonne et Du Mazaubrun (1992), les études basées sur des méthodes autres que l'examen clinique peuvent recouvrir des réalités très variées. Pour les futures études, les auteurs recommandent que le diagnostic soit au minimum posé par un clinicien. D'autre part, les politiques de santé internes à chaque pays, et la mise en place de systèmes de surveillance, pourraient avoir eu un impact important sur les statistiques fournies. Certains pays ont développé depuis plusieurs années des dispositifs à l'échelle nationale pour répertorier les personnes concernées. Ces dispositifs nécessitent du temps et de l'implication politique pour être créés.

Une augmentation de la prévalence au cours du temps est par ailleurs détectée par la majorité des études et a été source d'intenses débats dans la communauté scientifique (Mottron & Bzdok, 2020; Rødgaard et al., 2019). À ce jour, le consensus pointe vers l'influence des changements des critères de classification, ainsi que la sensibilisation à l'autisme en cours ces dernières années dans de nombreux pays (Zeidan et al., 2022).

Du point de vue national, plusieurs préconisations ont été identifiées par Ha et al. (2020) pour améliorer la fiabilité des estimations de la prévalence de l'autisme. La création de cohortes permet d'apporter de nombreuses informations ; actuellement, deux d'entre elles sont en place en France (ELENA et Elfe). L'âge d'inclusion est aussi primordial afin d'assurer une stabilité du diagnostic dans le temps (recommandation d'inclusion entre 6 et 10 ans). L'intégration des données de la Maison Départementale des Personnes Handicapées (MDPH) dans le système de surveillance permettrait d'obtenir un échantillon représentatif, car une grande partie des personnes concernées est recensée par cet organisme. Enfin, l'homogénéisation des pratiques apparaît primordiale pour s'assurer d'une comparabilité des diagnostics, ce qui inclut l'utilisation du même système de classification et outils diagnostiques.

I.2.B. Stratégies nationales pour l'autisme

Cinq « Plans Autisme » ont été mis en place depuis 2005 par les pouvoirs publics afin de répondre aux préoccupations liées à la prise en charge et à l'amélioration de la qualité de vie des personnes autistes. Ces plans ont été principalement élaborés en réponse aux signalements des associations de familles concernant le manque d'accès aux services de soins, et aux lieux de vie et d'apprentissage de l'enfant (école, crèche, centre de loisirs, etc.). De leur côté, les

professionnels ont souligné l'importance de l'intervention précoce, ainsi que la nécessité d'un cadre d'actions coordonnées. La multiplication des porte-paroles a permis de faire entendre cette cause auprès des responsables politiques.

Le 1er plan (2005-2007), nommé « Un nouvel élan pour l'autisme », avait pour objectif principal de créer des structures afin d'apporter soutien et orientation aux familles. Des Centres Ressources Autisme (CRA) ont été développés dans chaque région. Un autre axe majeur a été de fournir un ensemble de recommandations afin d'homogénéiser les pratiques des professionnels pour le dépistage et le diagnostic.

Le 2e plan autisme (2008-2010) a permis de poursuivre les efforts déjà initiés, notamment en fixant un objectif de création de 4 100 places en institution. De plus, la mise en place d'une veille sanitaire pour l'autisme a été amorcée, marquant le début des premières études épidémiologiques dans le cadre du SNDS.

Enfin, le 3e plan autisme (2013-2017) a poursuivi la création ou la transformation de places en établissement médico-social. Les mesures ont été une continuité des plans précédents.

À l'aube du 4e plan autisme, la synthèse de la Cour des comptes a établi un constat accablant, centré autour de trois critiques majeures (Cour des comptes, 2017): (1) les connaissances sur l'autisme restent trop lacunaires, (2) les progrès dans les prises en charge restent faibles, et (3) les plans autisme doivent améliorer l'articulation entre les différents acteurs. Néanmoins, il est important de spécifier que la Cour des comptes reconnaît les améliorations, mais les qualifie d'insuffisantes. Selon l'instance, ce bilan fait écho à celui des familles et des personnes concernées, qui dénoncent le manque de soutien et l'incompréhension quant à l'utilisation des budgets dont ils ne perçoivent pas de résultat concret dans leur quotidien. Le nombre de places disponibles dans les instituts spécialisés est nettement inférieur aux besoins réels. Un exemple frappant est le recours aux établissements Belges par les familles. Selon la Cour des comptes, en 2015, 6 800 personnes étaient accueillies dans des établissements belges.

Le 4e plan autisme (2018-2022) a été renommé « Stratégie nationale pour l'autisme au sein des troubles du neurodéveloppement ». À partir de l'évaluation des précédents plans, plusieurs démarches ont été entreprises pour améliorer les axes dont la fragilité avait été soulignée, notamment le renforcement du système de surveillance, de la formation des professionnels, du dépistage précoce et de la scolarisation. Les adultes, qui avaient été jusque-

là peu représentés, ont été concernés par des mesures pour améliorer le repérage et la création de dispositifs pour soutenir l'insertion professionnelle. Concernant la recherche, un Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) a été initié avec pour ambition de structurer la communauté de recherche sur l'autisme.

Un 5e plan autisme intitulé « Nouvelle stratégie nationale pour les troubles du neurodéveloppement : autisme, DYS, TDAH, TDI » a été dévoilé le 14 novembre 2023. La stratégie est composée de six engagements (Tableau 3) et 81 mesures conçues collectivement.

Tableau 3

Les six engagements : Stratégie nationale 2023-2027 pour les troubles du neurodéveloppement : Autisme, DYS, TDAH, TDI

Engagement	Description
N°1	Amplifier la dynamique de recherche et accélérer la diffusion des connaissances auprès de tous les acteurs
N°2	Garantir une solution d'accompagnement à chaque personne, des interventions de qualité tout au long de la vie et intensifier la formation des professionnels
N°3	Avancer l'âge du repérage et des diagnostics et intensifier les interventions précoces
N°4	Adapter la scolarité de la maternelle à l'enseignement supérieur
N°5	Accompagner les adolescents et les adultes
N°6	Faciliter la vie des personnes, des familles et faire connaître les troubles du neurodéveloppement dans la société

Note. Source (Ministère du Travail de la Santé et des Solidarités, 2023).

Malgré les sommes allouées et les mesures de politique publique entreprises au cours de ces 20 dernières années, les familles et les personnes autistes continuent de signaler une situation d'urgence. Ici, se pose la question non pas du manque d'implication des responsables politiques, mais plutôt de l'efficacité des solutions proposées. Comme l'a mentionné la Cour des comptes dans son rapport, le manque d'articulation entre les services et les délais administratifs trop longs sont des éléments capitaux pour comprendre la détresse relatée. Afin de répondre à cette détresse, il semble indispensable que les conseils nationaux et les experts

en charge de la structuration des plans laissent participer pleinement les familles et les personnes autistes aux délibérations. Cela a été pris en compte dans le 5e plan, qui a organisé une consultation citoyenne comptant 10 000 contributions (Ministère du Travail de la Santé et des Solidarités, 2023).

Conclusion sur les initiatives de santé publique pour l'autisme

En conclusion, les fluctuations des prévalences au cours des dernières décennies peuvent être la conséquence de différences dans les méthodes de collecte de données et dans les critères diagnostiques. Les stratégies nationales déployées ont visé à améliorer la prise en charge des personnes autistes, mais les défis subsistent notamment en ce qui concerne l'homogénéisation des pratiques et l'inclusion des diagnostics issus du domaine médico-social dans les études épidémiologiques (Figure 5). Afin d'obtenir un tableau complet de l'autisme, la prochaine section abordera les connaissances actuelles sur les étiologies.

Figure 5

Synthèse de la partie I.2



I.3. Étiologie de l'autisme

L'état actuel des connaissances relatives à l'étiologie de l'autisme amène à la conclusion que cette condition est multi-déterminé. Dans cette partie, nous détaillerons l'ensemble des facteurs reconnus à ce jour comme étant impliqués dans l'autisme.

I.3.A. Facteurs génétiques

De nos jours, il est largement admis que l'autisme présente une forte composante héréditaire (Thapar & Rutter, 2021). Les travaux précurseurs dans ce domaine ont été les études réalisées sur les jumeaux (Folstein & Rutter, 1977). Sur la base d'une méta-analyse relativement récente, l'héritabilité de l'autisme est estimée entre 64 et 91 % (Tick et al., 2016). Néanmoins, le phénotype de l'autisme reste vaste. Les études sur des jumeaux monozygotes ont montré une grande variabilité dans les tableaux cliniques, ce qui suggère l'influence de facteurs stochastiques et environnementaux (Couteur et al., 1996).

Au cours de ces vingt dernières années, les études génomiques qui ont pour objectif d'identifier des variants rares de l'ADN ont permis le repérage de variants communs. La première étude génomique d'envergure, de Wang et al. (2009), a permis d'identifier la variation *5p14.1*, impliquée dans les molécules d'adhésion neuronale, susceptible d'être associée à l'autisme. Grâce à ces recherches, une liste officielle des gènes et des copies de variants a pu être constituée et est régulièrement mise à jour (Simon Powering Autism Research, 2022) (Figure 6). Lors de sa dernière révision (mars 2023)[3], elle recensait 162 gènes, 43 variants du nombre de copies et 5 différences chromosomiques.

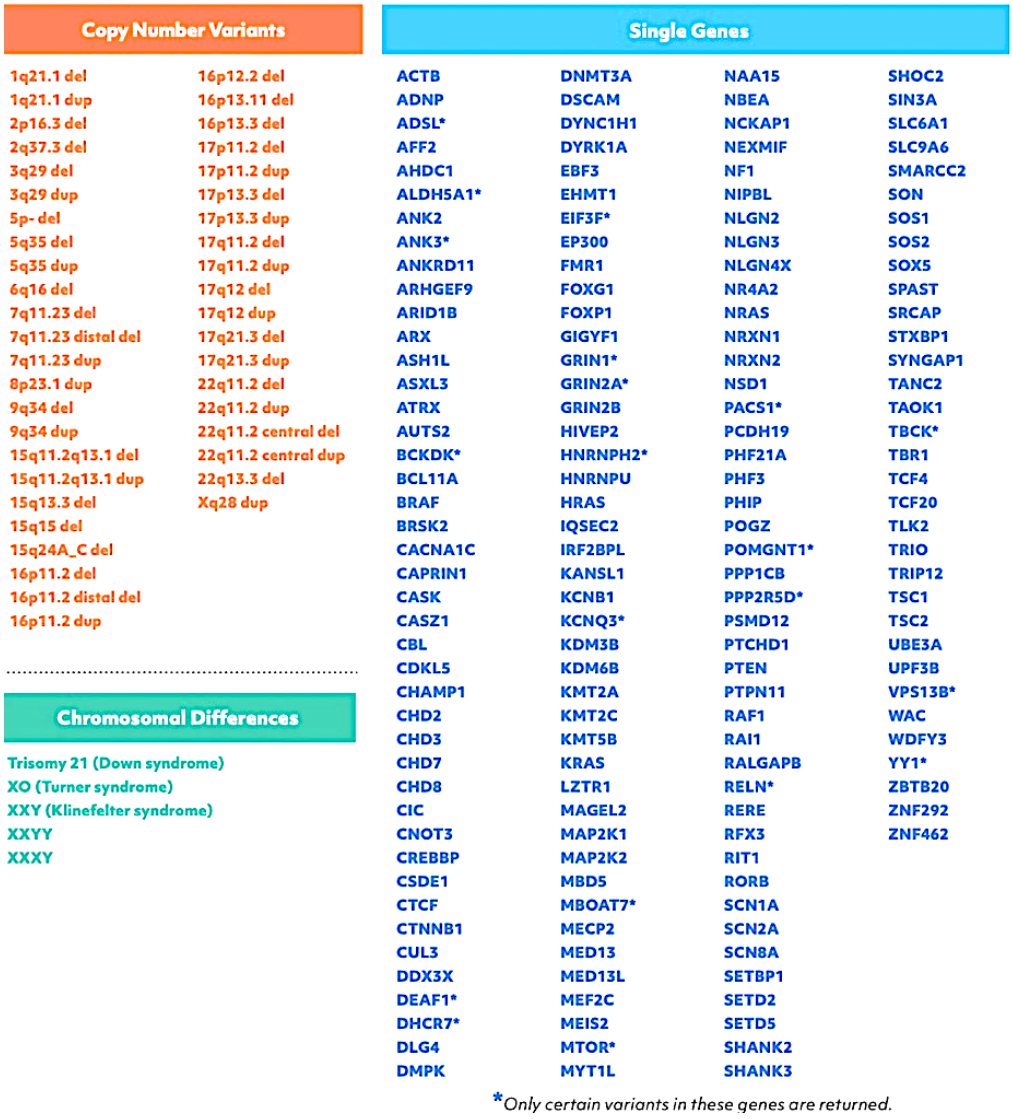
À ce jour, l'état des connaissances en génétique relatif à l'autisme permet d'affirmer que l'autisme recouvre un profil génétique hétérogène (Thapar & Rutter, 2021), avec des mutations qui peuvent être *de novo* ou héritées. De plus, ces avancées représentent un enjeu majeur pour la recherche translationnelle afin de trouver des biomarqueurs susceptibles de faciliter le diagnostic et le développement de traitements. Le projet EU-AIMS (*European Autism Interventions – A Multicentre Study for Developing New Medications*) est un exemple

[3] Dernière mise à jour connue en date du 25 juillet 2024

d'initiative visant à promouvoir la recherche dans ce sens, notamment avec la cohorte LEAP (EU-AIMS LEAP group et al., 2018).

Figure 6

Liste des gènes et variants du nombre de copies impliqués dans l'autisme



Note. Source (Simon Powering Autism Research, 2022, p. 4).

I.3.B. Facteurs environnementaux

La part des facteurs environnementaux dans l'autisme est exprimée à travers le concept d'interaction entre les gènes et l'environnement. (Lai et al., 2014). Parmi eux, certains ont été reconnus de manière consensuelle par la communauté scientifique, alors que d'autres font encore l'objet de débats (Chaste & Leboyer, 2012). Pour ce qui est des facteurs de risque établis,

l'exposition prénatale notamment au valproate, a été largement confirmée. Cette molécule est principalement contenue dans les médicaments utilisés pour traiter l'épilepsie. Lorsqu'elle est prise pendant la grossesse, le valproate traverse le placenta et serait à l'origine d'anomalies congénitales diverses dans environ 10 % des cas (Mandy & Lai, 2016; Meador & Loring, 2013; Williams et al., 2001).

Selon la revue de Mandy & Lai (2016), une cause environnementale identifiée dans l'étiologie de l'autisme concerne l'exposition à des polluants, notamment des produits chimiques toxiques. Parmi les preuves les plus robustes, il existe une corrélation entre l'exposition pendant la grossesse à des polluants atmosphériques et des pesticides et une probabilité accrue que l'enfant présente des caractéristiques du spectre autistique (Lu et al., 2022; Von Ehrenstein et al., 2019). L'âge avancé des parents est également associé à une augmentation du risque d'autisme chez la progéniture (Wu et al., 2017).

Il est à noter que les mécanismes impliqués par l'exposition à ces facteurs de risque environnementaux lors de la période prénatale ne sont pas clairs, et restent l'objet de travaux en cours.

I.3.C. Facteurs neurophysiologiques

Les données sur l'anatomie du cerveau des personnes autistes montrent une grande hétérogénéité dans la littérature (Jumah et al., 2016). Malgré cette diversité, des tendances émergent concernant la circonférence de la tête. Plusieurs études démontrent une fréquence plus élevée de macrocéphalie chez les personnes autistes (Lainhart et al., 1997; Redcay & Courchesne, 2005). Notamment, un schéma de croissance anormal du volume du cerveau serait observé durant la première année de vie (Courchesne, 2003). Cependant, ces résultats sont limités quant à leur interprétation, car il est difficile d'obtenir des données sur la trajectoire de développement précoce, surtout lors de la première année, étant donné que le diagnostic n'a pas encore été établi. De plus, l'augmentation du volume cérébral ne fournit pas d'informations directes concernant le développement des structures cérébrales ni sur la connectivité, et n'est pas considérée comme un biomarqueur de l'autisme (Jumah et al., 2016).

D'autre part, plusieurs études ont relevé que l'épaisseur corticale présente des caractéristiques et une trajectoire de développement atypiques dans l'autisme (Shen et al., 2022). Le cervelet qui joue un rôle essentiel dans la coordination des actions motrices,

présenterait également des différences anatomiques, notamment un volume plus élevé chez les personnes autistes (Becker & Stoodley, 2013).

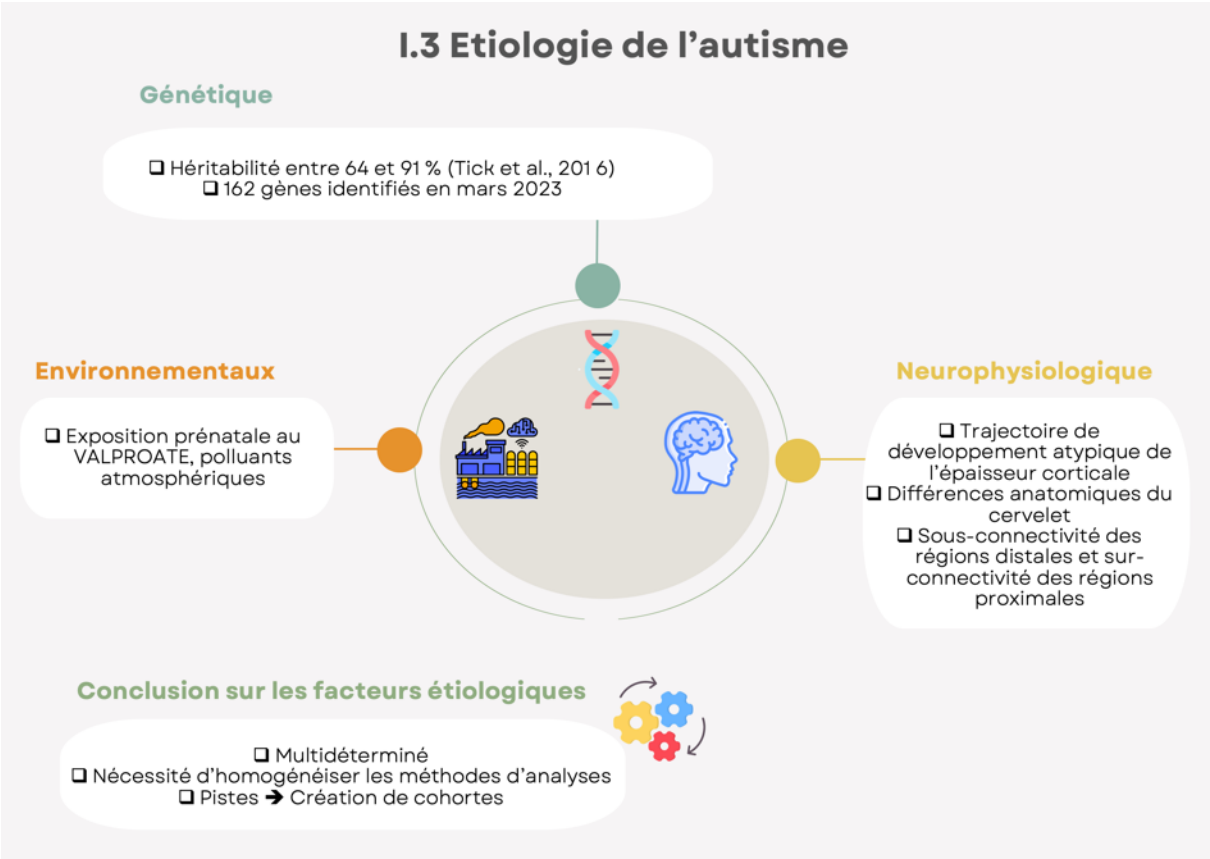
Concernant la connectivité cérébrale, des études d'imagerie ont révélé des différences dans la connectivité fonctionnelle et anatomique du cerveau chez les personnes autistes, notamment une sous-connectivité des régions distales et une sur-connectivité des régions proximales (Wang et al., 2021). En complément, une recherche récente utilisant la *3D transport-based morphometry* (TBM) a permis d'identifier des différences dans la structure du cerveau liées aux variations génétiques du nombre de copies (Kundu et al., 2024). Ces variations de connectivité pourraient contribuer aux différences de perception sensorielle, de communication et de comportement observées chez les personnes autistes. Néanmoins, les résultats concernant cette connectivité ne sont pas consensuels entre les études (Mohammad-Rezazadeh et al., 2016; Müller et al., 2011).

Conclusion sur les facteurs étiologiques

La description des trois facteurs étiologiques dans cette section met en évidence l'absence actuelle d'un consensus clair sur l'étiologie exacte de l'autisme (Figure 7). Face au manque de consensus, en particulier sur le plan neurophysiologique, plusieurs auteurs soulignent l'intérêt d'homogénéiser et d'améliorer les méthodes d'analyse des données afin de favoriser la reproductibilité des études dans ce domaine (Mohammad-Rezazadeh et al., 2016; Müller et al., 2011). La création de cohortes serait un moyen efficace pour promouvoir les efforts d'investigations étiologiques, car elle permet de récolter des données utilisables par l'ensemble de la communauté scientifique. D'autre part, les approches longitudinales s'avèrent nécessaires pour aborder la complexité de l'autisme à travers le développement.

Figure 7

Synthèse de la partie I.3



Conclusion sur le contexte de l'étude

En conclusion, cette partie dédiée au contexte de l'étude a mis en évidence la compréhension actuelle de l'autisme tant sur le plan clinique, scientifique et sociétal. L'évolution des critères diagnostiques souligne la complexité de caractérisation de cette condition. Les études de prévalence ont souligné l'importance d'une méthodologie rigoureuse en matière de recherche épidémiologique pour appréhender la représentation réelle de l'autisme dans la population générale. De plus, les initiatives en matière de santé publique témoignent d'une prise de conscience sur les besoins de prise en charge des personnes concernées. Globalement, l'ensemble des sections abordées a permis d'illustrer la complexité des défis que représente l'autisme et la nécessité de poursuivre les recherches en ce sens notamment par le biais de cohortes et d'approches longitudinales.

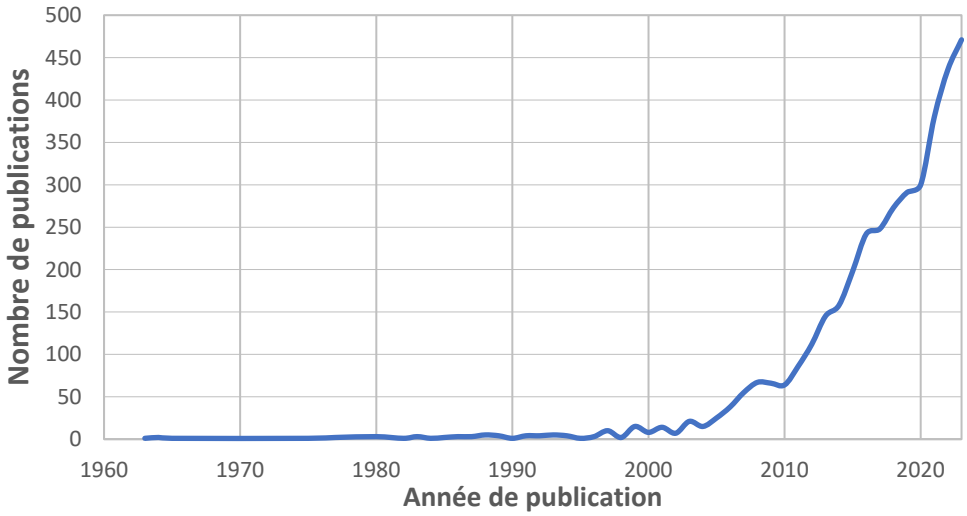
La partie théorique à suivre se focalisera sur la question de la perception sensorielle dans l'autisme qui est une composante significative des manifestations observées. Bien que largement décrite, cette facette demeure l'objet de nombreux débats dans la communauté scientifique.

II. Perception sensorielle des personnes autistes

Dès les premières descriptions de l'autisme par Kanner (1943), la perception sensorielle a été identifiée comme un trait caractéristique de cette condition. Pourtant, il est indéniable que 80 ans plus tard, la communauté médicale et scientifique demeure sans réponse quant à la compréhension et aux causes des différences dans la perception sensorielle dans l'autisme, malgré les efforts de recherche sur ce sujet (Robertson & Baron-Cohen, 2017) (Figure 8). Depuis 2005, on constate une évolution exponentielle des publications sur la perception sensorielle dans l'autisme. Sa définition et la compréhension des processus qui la sous-tendent restent l'objet de débats (He et al., 2023; Robertson & Baron-Cohen, 2017; Schauder & Bennetto, 2016).

Figure 8

Nombre de publications sur la perception sensorielle dans l'autisme depuis 1960



Note. Recherche effectuée le 2 avril 2024 sur PubMed avec les mots-clés « autism OR PDD OR ASD AND sensory ».

Cette section proposera une présentation de l'évolution historique et une description générale des différences de perception sensorielle, suivies d'une description de leur prévalence et de leur trajectoire développementale. Une deuxième partie sera consacrée aux tableaux cliniques des différences de perception sensorielle chez l'enfant et l'adulte. Enfin, la dernière partie abordera les méthodes d'évaluation existantes pour mesurer ces différences.

II.1. Description des différences de perception sensorielle

II.1.A. Les travaux pionniers

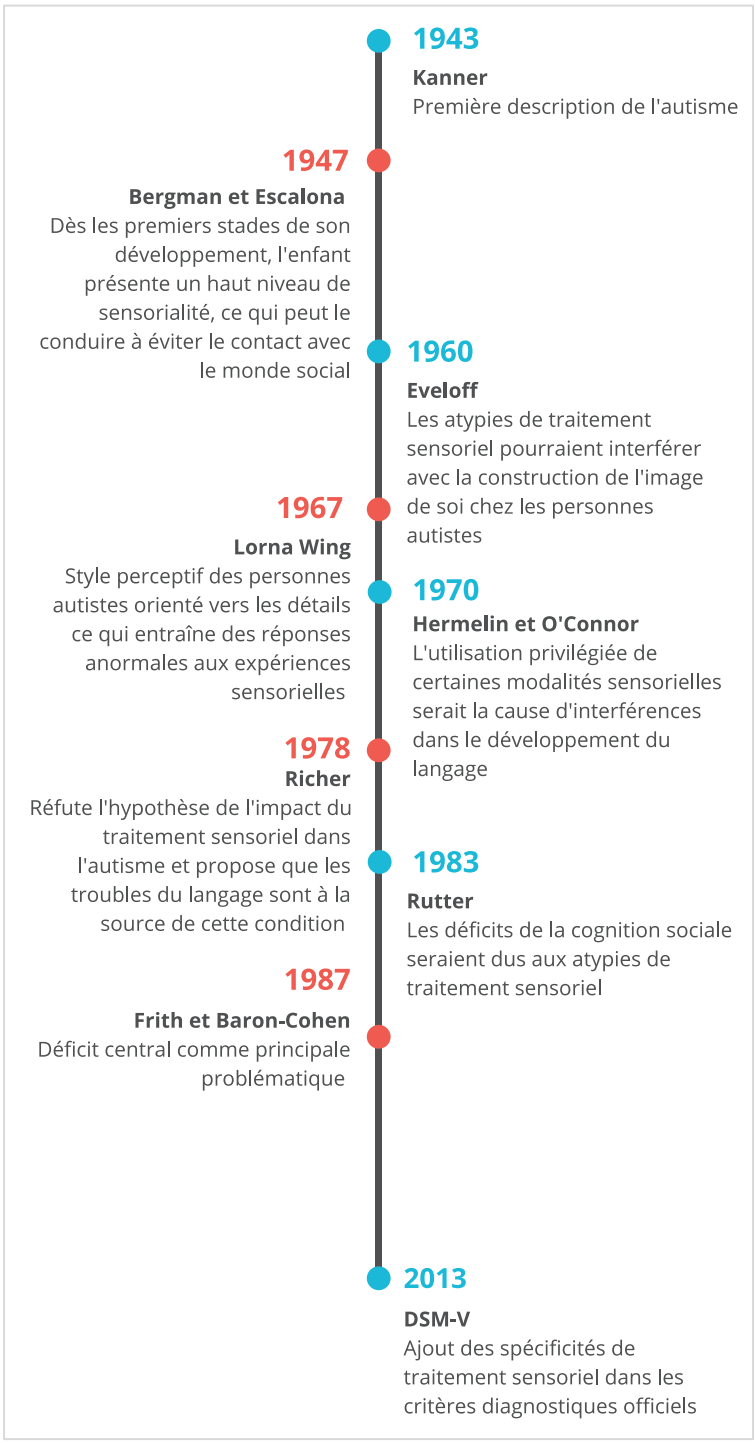
Les premières descriptions de différences de perception sensorielle dans l'autisme ont été relevées par Leo Kanner (1943). Dans son article princeps intitulé « *Autistic Disturbance of Affective Contact* », Kanner a présenté 11 cas d'enfants manifestant, selon lui, des caractéristiques communes formant un « syndrome » qui n'avait jusque-là jamais été décrit. L'auteur a alors proposé que ce syndrome n'était pas un cas rare et a émis l'hypothèse d'un chevauchement diagnostique avec la schizophrénie infantile et le retard intellectuel.

Même si l'auteur a décrit le symptôme pathognomonique comme étant la difficulté des enfants à entrer en interaction, la synthèse de ces observations proposait un tableau clinique fidèle à l'autisme tel qu'on le connaît aujourd'hui. Sur le plan sensoriel, Kanner a décrit que les bruits forts et les objets en mouvement pouvaient être le déclencheur d'intenses réactions. Ainsi, bien que l'auteur ait conclu à une difficulté à établir un contact affectif d'origine biologique, ses descriptions montraient que la perception sensorielle faisait partie intégrante et visible du tableau clinique des enfants sur le spectre de l'autisme. Il faudra plusieurs années avant que les professionnels et scientifiques commencent à se détacher des conséquences de la mise en lien « affective » de cette condition pour s'intéresser davantage aux origines et conséquences spécifiques des différences de perception sensorielle dans l'autisme.

En 2017, Robertson et Baron-Cohen ont publié une revue des connaissances qui comporte une présentation de la chronologie des étapes de la recherche concernant l'évolution de la compréhension de la perception sensorielle dans l'autisme (Figure 9). À la suite de la publication de Kanner, plusieurs chercheurs ont entrepris des travaux similaires décrivant les manifestations de l'autisme chez l'enfant. Certains ont proposé l'hypothèse que les difficultés d'adaptation à l'environnement pouvaient trouver leur origine dans un niveau élevé de sensibilité sensorielle. Un autre courant de recherche a soutenu l'idée que les déficits de la cognition sociale seraient une conséquence des différences de perception sensorielle, même si l'explication de la nature précise de cette relation ne fait pas l'unanimité au sein de la communauté scientifique. On constate ainsi que les manifestations sensorielles ont toujours été associées à l'autisme, sans que l'on puisse pour autant déterminer la place de ce processus dans le tableau clinique. Les descriptions cliniques ont joué un rôle déterminant en favorisant un consensus pour l'intégration d'un critère lié à la perception sensorielle dans le DSM-5.

Figure 9

Chronologie de l'histoire de la perception sensorielle dans l'autisme



Note. Librement traduit et adapté de l'anglais (Robertson & Baron-Cohen, 2017).

II.1.B. Terminologie concernant les différences de perception sensorielle

Une étude récente sur la taxonomie a mis en lumière le défi posé par l'utilisation incohérente des termes pour désigner les différences de perception sensorielle dans l'autisme (He et al., 2023). Les auteurs ont proposé une taxonomie hiérarchique comprenant cinq niveaux (Tableau 4). Le premier niveau correspond au changement d'une réponse cérébrale mesurable à la suite d'une stimulation sensorielle. Le deuxième concerne la capacité de l'individu à détecter ou discriminer des stimuli. Le troisième niveau fait référence à la mesure des variations des signaux corporels en réaction à une entrée sensorielle. Les deux derniers niveaux font référence aux manifestations comportementales en réponse à une entrée sensorielle, soit sur le plan émotionnel, soit uniquement en fonction du type de comportement.

Tableau 4

Description des cinq niveaux de classification de la perception sensorielle dans l'autisme

Niveaux	Exemples
Excitabilité neuronale liée aux stimuli sensoriels	La différence dans le potentiel évoqué (ERP) après la présentation d'un son de 1000 Hz exposé de 0 à 70 dB par augmentation de 5 dB.
Sensibilité perceptuelle	*Détection.* Entendre les sirènes d'un camion de pompiers qui passe. *Discrimination*. Différencier avec précision entre un toucher léger et un contact physique appuyé.
Réactivité physiologique aux stimuli sensoriels	Dilatation des pupilles en réponse à une stimulation sensorielle.
Réactivité affective aux stimuli sensoriels	Se sentir mal à l'aise et surpris après avoir entendu les sirènes du camion de pompiers qui passe. Ressentir de la détresse en réaction à certaines textures ou odeurs d'un repas donné.
Réactivité comportementale aux stimuli sensoriels	Éviter les environnements bruyants et lumineux (parfois appelé « évitement sensoriel ») Rechercher certaines odeurs ou textures que l'on trouve réconfortantes (parfois appelé « recherche sensorielle »).

Note. Librement adapté et traduit de l'anglais (He et al., 2023).

Le DSM-5 s'appuie sur le niveau de classification lié à la réactivité comportementale et affective aux stimuli sensoriels pour définir les différences de perception sensorielle dans l'autisme :

« Critère B.4 Hyper ou hyporéactivité 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 pour les lumières ou les mouvements) ».

Le DSM-5 ne propose pas de définition pour les trois composantes spécifiées dans le critère B.4, et il n'existe pas de consensus clair sur leur caractérisation. Dans le cadre de cette thèse, nous avons choisi de nous référer aux définitions des catégories de réponses sensorielles synthétisées par Miller et al. (2007), qui se sont appuyées sur les travaux de plusieurs chercheurs et cliniciens spécialisés dans les troubles sensoriels (Dunn, 2001; Mulligan, 1998).

- **Hyperréactivité (HYPER)**

L'hyperréactivité sensorielle correspond à une perception accrue d'une ou plusieurs stimulations sensorielles par rapport à la norme. Elle entraîne des réponses émotionnelles et comportementales souvent amplifiées chez l'individu. Cette hyperréactivité peut se limiter à un seul canal sensoriel, tel que l'audition, ou s'étendre à plusieurs canaux sensoriels simultanément. Il est également possible qu'une seule composante d'un canal soit spécifiquement affectée (p. ex., une sensibilité exclusive aux fréquences aiguës plutôt qu'aux fréquences graves dans le cas de l'audition).

- **Hyporéactivité (HYPO)**

L'hyporéactivité sensorielle se manifeste par un seuil de réactivité élevé chez l'individu. Cela se traduit par une tolérance élevée ou une insensibilité à certains stimuli sensoriels, ce qui signifie que les individus ont besoin de stimulations plus intenses pour percevoir et réagir aux situations.

- **Intérêt inhabituel (SIRS)**

Un intérêt inhabituel sur le plan sensoriel se manifeste par un intérêt particulièrement intense pour une stimulation ou un élément de l'environnement sensoriel, considéré comme

atypique. Cela peut se traduire par des fascinations pour des stimuli sensoriels spécifiques tels que les textures, les lumières, les mouvements, les odeurs, ou les sons. Sur le plan adaptatif, les SIRS peuvent parfois être utilisés comme une stratégie d'autorégulation. Cependant, ces intérêts peuvent présenter un caractère répétitif, occupant une grande partie du temps et de l'attention de l'individu, avec pour conséquence des difficultés dans les interactions sociales et les activités quotidiennes.

Il est important de noter que la perception de l'information sensorielle peut varier significativement d'un individu à l'autre. En tenant compte de ces trois caractéristiques des différences de perception, la section suivante sera consacrée à l'analyse de leur prévalence au sein de la population autiste.

II.1.C. Prévalence chez les personnes autistes

La prévalence des différences de perception sensorielle montre des variations très élevées selon les études, avec des estimations allant de 30 à 100 % (Baker et al., 2008; Baranek et al., 2007; Leekam et al., 2007; Tomchek & Dunn, 2007). Ces variations pourraient s'expliquer par l'hétérogénéité de l'intensité et du type de patterns sensoriels relevés. Degenne-Richard (2014) propose plusieurs pistes pour expliquer cette variance : (1) la diversité des méthodologies employées dans les études, (2) des cohortes non homogènes en termes d'âge et de diagnostic, et (3) des différences de définition de la perception sensorielle.

D'un autre côté, la nature des différences de perception sensorielle dans l'autisme par rapport à d'autres troubles neurodéveloppementaux reste un sujet de débat constant. Certains chercheurs proposent que les différences de perception sensorielle observées dans l'autisme ne sont pas uniques et pourraient également se manifester dans d'autres troubles neurodéveloppementaux ou psychiatriques (Dellapiazza et al., 2021; Miller et al., 2001; Scheerer et al., 2024). Cette perspective suggère une similitude des mécanismes de traitement sensoriel à travers ces conditions. À l'inverse, d'autres chercheurs soutiennent que la perception sensorielle dans l'autisme présente des caractéristiques distinctes liées à la symptomatologie globale (Haigh et al., 2016; Schoen et al., 2009; Schulz et al., 2023). Notamment, Robertson et Baron-Cohen (2017) proposent que le traitement sensoriel pourrait servir de marqueur spécifique de l'autisme. Ainsi, ces divergences relatives au diagnostic peuvent être une explication de la variance très élevée des estimations des différences de perception sensorielle chez les personnes autistes.

II.1.D. Trajectoires développementales de la perception sensorielle

À ce jour, les études ont souligné le caractère précoce des différences de perception sensorielle chez les enfants sur le spectre (Degenne et al., 2010; Iarocci & McDonald, 2006). Ces différences pourraient avoir une incidence sur leurs aptitudes d'adaptation comportementale (Dellapiazza et al., 2020; Dunn, 1997b). Cependant, il convient de noter que les trajectoires développementales de la perception sensorielle demeurent relativement peu explorées. Parmi les quelques études sur ce sujet, on distingue celles menées de manière transversale et celles longitudinales.

Une analyse transversale de Kern et al. (2007) a révélé une corrélation entre les différences sensorielles et la sévérité de l'autisme chez les enfants, mais pas chez les adolescents et les adultes. De plus, une méta-analyse conduite par Ben-Sasson et al. (2009) a souligné que les différences sensorielles étaient plus manifestes chez des enfants autistes âgés de 6 à 9 ans que chez des enfants plus âgés et des adultes. En résumé, ces études transversales suggèrent que les différences de perception sensorielle dans le cadre de l'autisme tendent à s'estomper avec l'avancée en âge.

Parmi les études longitudinales, une étude a démontré une diminution au fil du temps des SIRS et des HYPO, mais aucun changement avec l'âge n'a été observé pour les HYPER (Baranek et al., 2019). Deux autres études longitudinales ont également suggéré l'absence d'évolution (McCormick et al., 2016; Perez Repetto et al., 2017). Cependant, il est important de noter que ces études présentent des limitations, avec seulement deux évaluations d'un intervalle de temps relativement court (moins de deux ans) entre elles, ce qui rend difficile l'observation ou la détection d'évolutions sur le plan développemental.

Ainsi, une tendance générale semble émerger concernant une évolution des différences sensorielles, en particulier une atténuation dès l'adolescence. Le nombre limité d'études sur les trajectoires développementales s'explique par la complexité des dispositifs d'évaluation dans le temps.

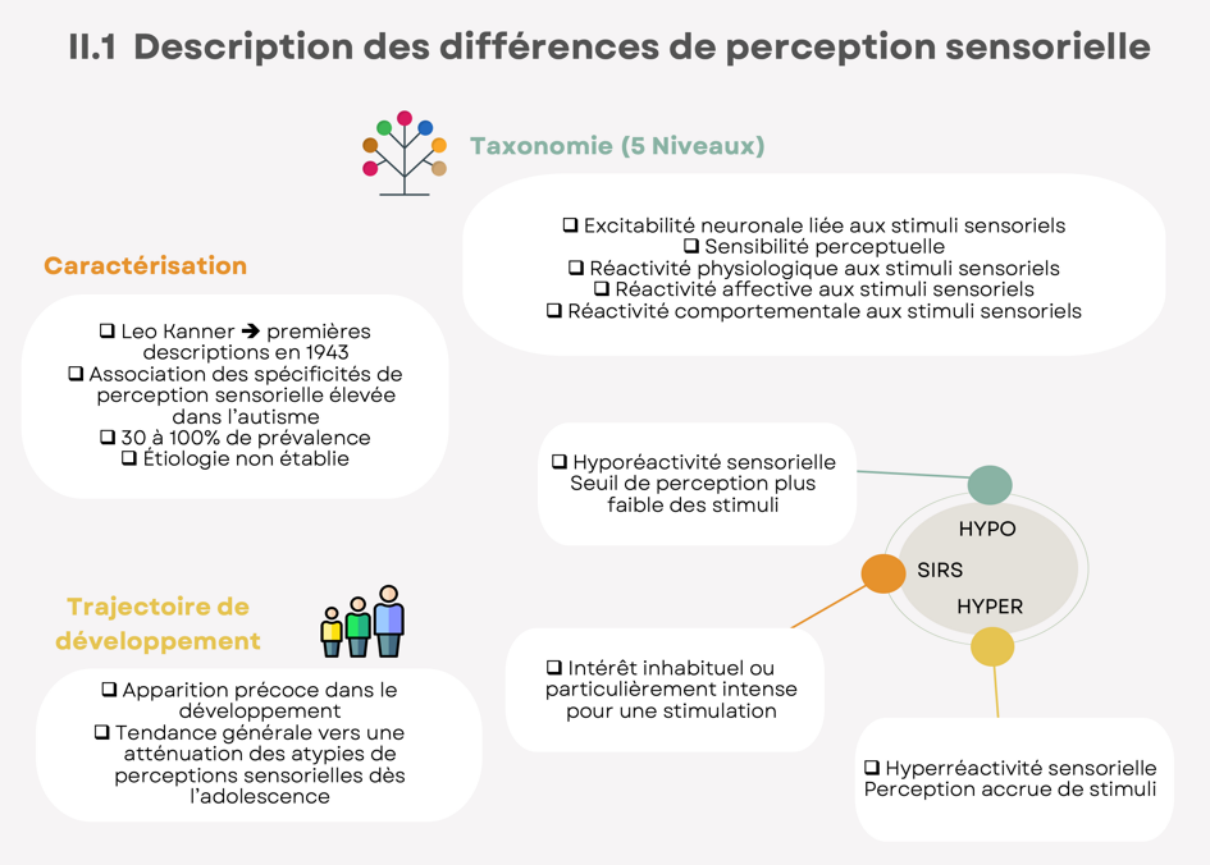
Conclusion sur les descriptions des différences de perception sensorielle

En synthèse de cette partie, on constate que leur caractérisation est encore source de débat dans la communauté scientifique (Figure 10). L'enjeu d'une meilleure caractérisation permettrait de mieux identifier les prévalences et les trajectoires développementales.

Actuellement en clinique, les réponses comportementales et affectives aux stimuli sensoriels représentent le niveau de caractérisation le plus utilisé pour construire les tableaux cliniques. Ces tableaux cliniques feront l'objet d'étude de la section suivante.

Figure 10

Synthèse de la partie II.1



II.2. Place des différences de perception sensorielle dans le tableau clinique de l'autisme

L'identification des différences de perception sensorielle chez un individu est rendue possible par la construction d'un tableau clinique. Ce dernier est établi lors du bilan d'évaluation initiale, à l'appui de l'anamnèse et d'examens standardisés. Le repérage de ces différences nécessite de la finesse diagnostique et de l'expérience clinique dans le cadre de l'autisme. En effet, les différences de perception peuvent faire l'objet de nombreux diagnostics différentiels et ne sont pas toujours évidentes à détecter à partir des symptômes rapportés par la famille ou le patient lui-même. Leur identification est pourtant une étape nécessaire pour permettre la mise en place d'une prise en charge adaptée aux difficultés rencontrées par l'individu dans son quotidien. Cette partie détaillera la méthodologie d'élaboration du tableau clinique, le tableau clinique chez l'enfant et l'adolescent, puis chez l'adulte. La dernière partie abordera la question du repérage des différences de perception sensorielle.

II.2.A Méthodologie d'élaboration du tableau clinique

La HAS recommande de suivre plusieurs étapes dans le cadre du diagnostic et de l'évaluation chez l'enfant et l'adolescent (Haute Autorité de Santé, 2018). La première étape de l'élaboration du tableau clinique correspond à l'anamnèse détaillée du patient. Les éléments de développement précoce sont abordés avec les parents, indépendamment de l'âge actuel du patient. Cette étape se déroule sur plusieurs rendez-vous, avec un psychiatre et/ou un psychologue. Cette rencontre peut prendre la forme d'un entretien clinique ou d'un entretien standardisé avec l'ADI-R, pour recueillir les éléments du développement précoce. Après l'anamnèse, des examens complémentaires sont souvent prescrits pour vérifier la présence de diagnostics différentiels. Lors du repérage des différences de perception sensorielle, il est essentiel de rester attentif aux diagnostics différentiels ou comorbides tels que le trouble du développement intellectuel (TDI), le trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H), ainsi que certaines maladies génétiques (syndrome de l'X fragile, syndrome de Down, syndrome de Williams…) qui peuvent présenter des tableaux cliniques proches en ce qui concerne la perception sensorielle (Rogers et al., 2003). Sur le plan somatique, un examen systématique de la vision et de l'audition doit aussi être administré afin d'écarter toute déficience. Des examens spécifiques supplémentaires peuvent être demandés par le clinicien (caryotype, IRM, EEG…).

Après cette étape, des informations sont directement recueillies auprès du patient. Dans le cas d'un enfant ou d'un adolescent, on procède le plus souvent par observation ou sur la base d'interactions (p. ex., des questions ouvertes). Le dispositif utilisé varie selon le profil de l'enfant (langage, autonomie, troubles du comportement, etc.) et nécessite que les professionnels de santé aménagent le cadre pour une observation optimale. Chez l'adulte, le recueil d'informations peut se faire directement avec lui en entretien clinique ou par le biais d'observation si le cadre d'entretien n'est pas adapté. Lors de cette phase de recueil, le clinicien peut avoir recours à des outils standardisés, tels que des questionnaires spécifiques sur la perception sensorielle (les outils seront détaillés dans la section III). Les symptômes liés aux différences sensorielles doivent avoir un impact significatif sur le fonctionnement quotidien de l'individu pour être pris en compte.

II.2.B Tableau clinique de l'enfant

Sur la base des descriptions cliniques de la perception sensorielle dans l'autisme, les réactions comportementales à une entrée sensorielle peuvent être classées en trois catégories : (1) les fascinations, (2) les recherches de sensation, et (3) les surcharges (Ayres, 1972a; Bogdashina, 2022; Higashida, 2017; Voss & Schovanec, 2016; Williams, 1998). Ces groupes ne sont pas spécifiques à un canal sensoriel et peuvent se manifester ou non chez tous les individus.

(1) Les fascinations

Ce groupe de comportements correspond à un intérêt intense envers une ou plusieurs composantes sensorielles de l'environnement. Le caractère atypique réside dans la durée et l'intensité que cet intérêt revêt pour l'individu. Les fascinations peuvent varier d'un individu à l'autre, mais certaines apparaissent de façon récurrente dans l'autisme. Par exemple, l'intérêt pour les objets en mouvement (en particulier rotatifs), l'alignement des objets, l'intérêt pour des lumières ou des reflets sont retrouvés avec une grande prévalence dans les anamnèses développementales. Certains de ces comportements ont été intégrés dans les critères de repérage de l'ADI-R (Tableau 5).

Tableau 5

Item 71 - Intérêts sensoriels inhabituels de l'ADI-R

Questions
Est-ce qu'il semble particulièrement intéressé par la vue, le contact, le son, le goût ou l'odeur des choses ou des personnes ? Par exemple, est-ce qu'il a tendance à sentir les jouets, les objets ou les gens de manière inappropriée ?
Ou est-ce qu'il est inhabituellement préoccupé par le contact ou la texture des objets ?
Ou est-ce qu'il a tendance à regarder fixement les objets ou à les regarder durant de longues périodes ?
Ou est-ce qu'il touche les objets avec ses lèvres ou sa langue pour tester le contact ?
Depuis combien de temps est-il intéressé par cela ?
Y a-t-il déjà eu un moment où il a montré un intérêt sensoriel inhabituel ?

Note. Source (Rutter et al., 2003).

(2) Les recherches de sensations

Les comportements de cette catégorie se manifestent par une recherche active de stimulation sensorielle. Cela peut correspondre à une recherche de pressions tactiles fortes, l'écoute de sons intenses ou encore une recherche de certaines textures. Souvent, les comportements de balancement et de *flapping,* qui sont associés à des stéréotypies, peuvent correspondre à des recherches de sensations, mais ceux-ci s'exercent dans un objectif d'autorégulation.

(3) Les surcharges

Les surcharges sensorielles sont la conséquence de l'exposition à une quantité excessive de stimulation sensorielle, que l'individu n'est plus en mesure de moduler ou de filtrer. Cela peut avoir plusieurs conséquences : une réponse émotionnelle intense (anxiété, colère, détresse), une dissociation (l'individu ne répond plus et ne semble plus réceptif), ou encore des stéréotypies (comportements d'auto-apaisement).

La fréquence d'apparition de ces catégories comportementales varie d'un individu à l'autre en raison de la diversité de la perception sensorielle. Par exemple, certains enfants peuvent présenter de nombreuses surcharges et très peu de fascinations, et inversement. Cela

rend difficile l'établissement d'une liste exhaustive de tous ces comportements dans un contexte clinique. À l'âge adulte, elles peuvent persister sous des formes différentes. Toutefois, les différences sensorielles observées chez l'adulte présentent des caractéristiques distinctes de celles observées chez l'enfant.

II.2.C. Tableau clinique de l'adulte

Elwin et al. (2013) ont mené une étude qualitative sur l'expérience sensorielle des adultes autistes. Sur la base de leurs témoignages, ils ont identifié sept catégories liées aux expériences sensorielles (Tableau 6).

Tableau 6

Description des dimensions de la perception sensorielle

Catégories	Sous-catégories
Être hyper-réactif aux stimuli	Réagir de manière excessive à des stimuli spécifiques
	Remarquer des aspects petits ou inhabituels des stimuli
Être hypo-réactif aux stimuli	Être hypo-réactif à long terme à des stimuli spécifiques
	Être temporairement hypo-réactif
Réaction à une surcharge générale due à un excès de stimuli	Se sentir submergé par les stimuli provenant de l'environnement
	Se sentir submergé par des stimuli aversifs prolongés
	Se sentir submergé par les stimuli provenant de personnes
Avoir de fortes préférences envers certains stimuli	Préférer fortement certaines qualités de stimuli
	Préférer fortement l'uniformité des stimuli
Gérer l'attention portée aux stimuli	Être incapable de filtrer les stimuli
	Être incapable de se concentrer sur les stimuli
Gérer les stimuli sensoriels/moteurs	Avoir un contrôle et une coordination du corps fragile ou variable
	Avoir des problèmes d'équilibre
Gérer les conséquences des réactions sensorielles dans la vie quotidienne	Avoir des problèmes sensoriels dans les routines quotidiennes
	Utiliser des stratégies de compensation

Note. Adapté et traduction libre de l'anglais de l'article d'Elwin et al. (2013).

On constate la présence de deux dimensions issues du critère B.4 du DSM-5 – l'hyper- et l'hyporéactivité aux stimuli sensoriels. Les surcharges sont aussi relevées chez les adultes dans la catégorie « réaction à une surcharge générale due à un excès de stimuli ». De même, la catégorie « avoir de fortes préférences envers certains stimuli » décrit des comportements similaires à la recherche de sensation observée chez les enfants. Les catégories liées à la gestion des stimulations apparaissent plus spécifiques aux adultes, en lien avec le développement de leur autonomie et de l'apparition de comportements d'autorégulation.

Les études sur les trajectoires développementales (cf. section II.1.D) vont dans le sens d'une diminution des différences de perception sensorielle au cours du développement. Cette tendance est également observée sur le plan clinique. Plusieurs pistes pourraient expliquer cette évolution :

- L'accumulation d'expériences pourrait entraîner une habituation aux stimulations sensorielles et donc augmenter la tolérance de l'individu face à celles-ci (p. ex., dans le domaine de l'alimentation ; Petitpierre et al., 2021). Cela peut aussi être un moyen de mettre en place des stratégies qui permettent de mieux gérer les moments d'exposition aux stimuli sensoriels (MacLennan et al., 2020).
- L'effet de prises en charge antérieures pour faciliter l'intégration/modulation sensorielle par le biais de médiations, contribuant à une amélioration de l'autonomie de l'individu (Kashefimehr et al., 2018). Par exemple, une meilleure capacité à filtrer les sons permet à l'individu de ne pas s'isoler pour éviter des environnements bruyants.
- Des aménagements de l'environnement et des habitudes de vie pourraient aussi être un élément explicatif de l'atténuation des différences sensorielles avec l'âge (MacLennan et al., 2020). C'est-à-dire que les individus ou leur entourage adaptent le cadre de vie pour rendre l'environnement compatible avec leur fonctionnement sensoriel. Cependant, il est important de noter que cela ne traduit pas nécessairement une diminution réelle, mais plutôt une forme de compensation.
- Enfin, la dernière hypothèse serait liée à une évolution naturelle du traitement sensoriel sur le plan physiologique malgré une adaptation neurale atypique (Merchie & Gomot, 2023).

Chez l'adulte, le défi principal dans la constitution du tableau clinique des différences de perception sensorielle réside dans les habitudes acquises. En particulier, l'individu peut

présenter des manifestations qu'il a apprises à compenser pour fonctionner normalement, et il existe un risque que celles-ci soient peu détectables par le clinicien.

II.2.D. Repérages des différences sensorielles

La détection des différences sensorielles représente un défi pour les cliniciens. Plusieurs obstacles peuvent être rencontrés dans le repérage de ces différences. Notamment, le premier obstacle réside dans la complexité du recueil d'informations. Les informations peuvent être recueillies auprès de l'individu lui-même ou obtenues auprès des proches. Cela s'explique par le fait que 25 à 30 % des personnes autistes n'ont pas ou peu accès au langage, selon les estimations (Rose et al., 2016; Tager-Flusberg & Kasari, 2013). Néanmoins, cette démarche est susceptible d'introduire un biais dans l'observation des différences, notamment pour détecter les sensations intéroceptives (c.-à-d., les sensations internes comme la douleur ou la température). Il est ainsi possible que les informations recueillies ne soient qu'une vision partielle de la perception sensorielle de l'individu. D'un autre côté, l'impact des manifestations sensorielles est le plus souvent visible dans le quotidien (Suarez, 2012). Les situations d'évaluation sont couramment effectuées en structures spécialisées ou en cabinet privé, ce qui limite l'évaluation écologique des réponses aux stimuli sensoriels.

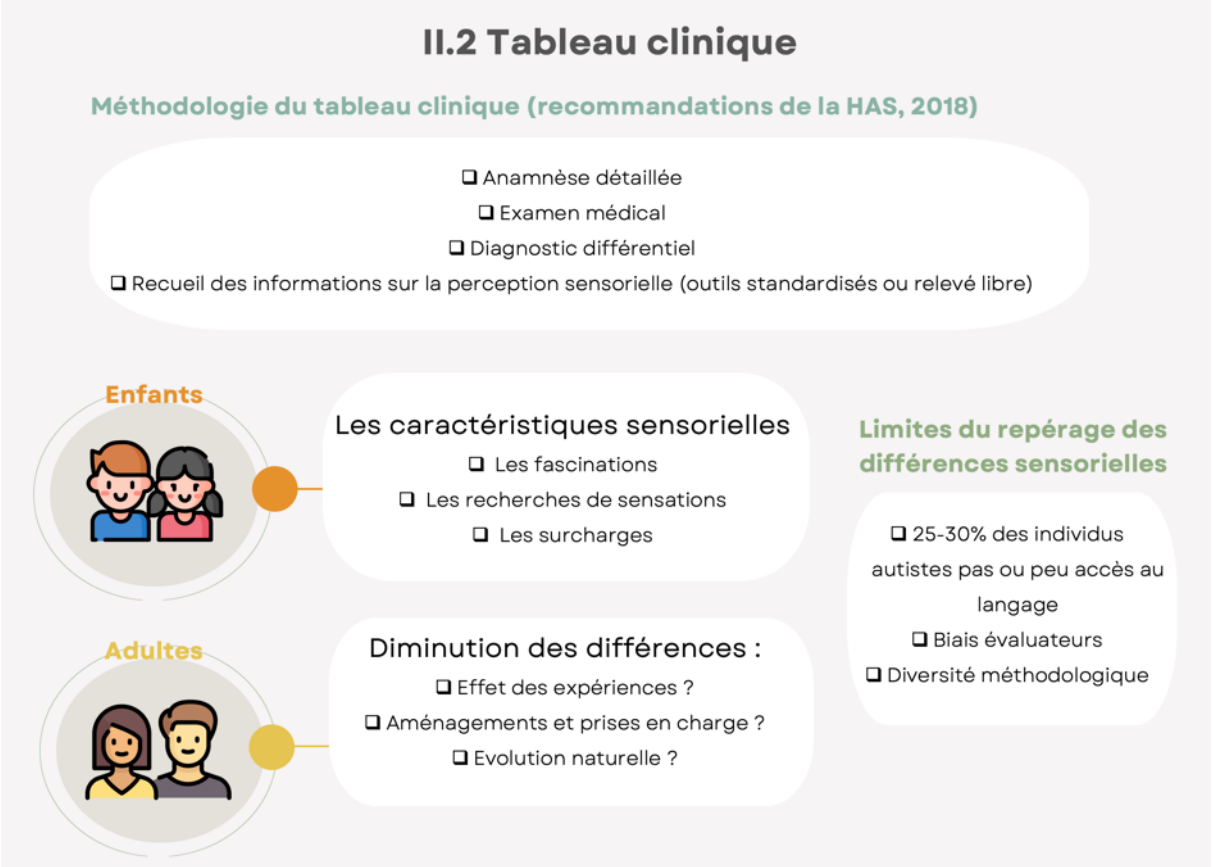
Enfin, la limite majeure dans le repérage des différences sensorielles dans la pratique clinique pourrait résider dans les outils d'évaluation. Par exemple, pour évaluer l'hypersensibilité à la lumière, un item du *Sensory Profile* (Dunn, 1999, 2014) propose la question suivante : « *Est dérangé par des lumières fortes alors que les autres s'y sont adaptés* », tandis que le questionnaire *BOSS-P* (Barrios-Fernández et al., 2020) propose « *Il/elle devient agité(e) en présence de sources de lumières très vives* » (traduction libre de l'anglais). Ces phrases ne distinguent pas le type de lumière (néon, projecteur, soleil, etc.) ou le contraste de luminosité (clignotante ou diffuse). Par ailleurs, l'un introduit un facteur de comparaison sociale (*Sensory Profile*), tandis que l'autre se concentre sur le traitement interne de l'enfant (*BOSS-P*). Les différences dans la formulation des questions sont susceptibles d'entraîner de la variabilité dans la détection des différences sensorielles. Ainsi, la diversité des questions utilisées dans les instruments d'évaluation standardisés peut poser un défi.

Conclusion sur les places des différences de perception sensorielle dans le tableau clinique

Une méthodologie détaillée est essentielle pour dresser un tableau clinique informatif, qui sera ensuite nécessaire à l'élaboration d'un projet thérapeutique adapté à chaque patient. Bien que les tableaux cliniques de l'enfant et de l'adulte présentent des similarités, les manifestations diffèrent en intensité. Le recueil de données, étant une étape sensible, peut être sujet à différents biais, soulevant ainsi la question de la fiabilité des outils et méthodes employés pour évaluer les manifestations sensorielles. La section suivante explorera les méthodes et outils actuels utilisés pour identifier les différences sensorielles chez les personnes autistes.

Figure 11

Synthèse de la partie II.2



II.3. Revue systématique des méthodes d'évaluation de la perception sensorielle dans l'autisme – article

II.3.A. Introduction

Dans le cadre de cette thèse, une revue systématique des outils et méthodes d'évaluation de la perception sensorielle chez les personnes autistes décrits dans la littérature scientifique a été menée (Brouche et al., 2024) (DOI : 10.1016/j.neurenf.2024.07.004). Aucune revue systématique ne s'est à ce jour consacrée spécifiquement à la tranche d'âge des 0-18 ans, qui est pourtant la période de la vie où les bilans d'évaluations sont les plus fréquemment réalisés (Ha et al., 2020). Les principaux objectifs de la revue ont été : (1) d'identifier et classer les méthodes et outils existants pour évaluer la perception sensorielle chez les enfants et adolescents autistes en utilisant les recommandations PRISMA, (2) d'examiner les intérêts et limitations en appliquant la checklist COSMIN, et (3) de suggérer des recommandations sur les outils à utiliser pour évaluer la perception sensorielle.

DuBois et al. (2017) ont souligné l'importance d'avoir des lignes directrices d'évaluation pour les professionnels afin de renforcer la pratique fondée sur des preuves empiriques. Les guides de recommandations internationaux sur les évaluations diagnostiques de l'autisme recommandent de porter attention à la perception sensorielle (Tableau 7). Cependant, bien que ces guides reconnaissent les symptômes sensoriels comme critère, ils ne recommandent pas d'outils d'évaluation dans ce domaine au stade du diagnostic ou de la prise en charge. De plus, deux cibles d'évaluations distinctes sont évoquées dans les guides de recommandations : d'une part, la capacité fonctionnelle des organes sensoriels (p. ex., l'acuité visuelle ou auditive), et d'autre part, la façon dont le cerveau interprète les informations sensorielles. C'est cette dernière qui est la moins étayée dans les recommandations. Par conséquent, bien que la perception sensorielle nécessite d'être évaluée dans la clinique de l'autisme, il n'existe pas à ce jour de lignes directrices claires sur la manière de procéder.

Tableau 7

Synthèse des extraits concernant l'évaluation de la perception sensorielle à partir de différents guides de recommandations cliniques

Auteurs/référence	Extrait évoquant l'évaluation de la perception sensorielle
Fuentes et al., 2021	« L'examen clinique est également nécessaire pour identifier toute difficulté sur le plan neurodéveloppemental, physique ou sensoriel. » (p. 965)
Hyman et al., 2020	« Les outils d'évaluation couramment utilisés (tels que le *Short Sensory Profile* et d'autres) quantifient la perception des parents sur les différences sensorielles relative à l'odorat, le goût, la vision, l'ouïe et le toucher. » (p. 14)
National Health Society, 2007	« Les enfants et les jeunes atteints de TSA présentent des forces et des difficultés individuelles considérablement variées. Une évaluation plus détaillée de la communication, du fonctionnement neuropsychologique, des compétences motrices et sensorielles, ainsi que du fonctionnement adaptatif peut être utile. » (p. 12)
Volkmar et al., 2014	« Des évaluations peuvent être nécessaires pour évaluer les difficultés sensorielles et/ou motrices. » (p. 244)

Note. Traduction libre de l'anglais.

Récemment, plus exactement entre 2017 et 2023, six revues systématiques ou méta-analyses ont cherché à caractériser la perception sensorielle dans l'autisme en se concentrant sur les méthodes d'évaluation (Burns et al., 2017; DuBois et al., 2017; Gunderson et al., 2023; Jorquera-Cabrera et al., 2017; Passarello et al., 2022; Yeung & Thomacos, 2020). Deux observations clés ont émergé de ces travaux : premièrement, il est nécessaire d'améliorer la compréhension des méthodes d'évaluation actuellement utilisées pour les personnes autistes, compte tenu des symptômes et des profils cognitifs variés de cette population ; deuxièmement, il est nécessaire d'améliorer la sensibilité et l'objectivité des évaluations, qui s'avèrent particulièrement hétérogènes.

En conséquence, le manque de consensus dans l'évaluation de la perception sensorielle conduit à des problèmes de reproductibilité dans divers domaines de recherche, ainsi qu'à des difficultés d'adaptation aux spécificités individuelles dans le domaine clinique (Cascio et al., 2016). La prise de décision concernant le diagnostic est rendue difficile par le fait qu'il n'existe pas d'outils *gold standard* pour l'évaluation de la perception sensorielle.

II.3.B. Méthodologie de la revue systématique

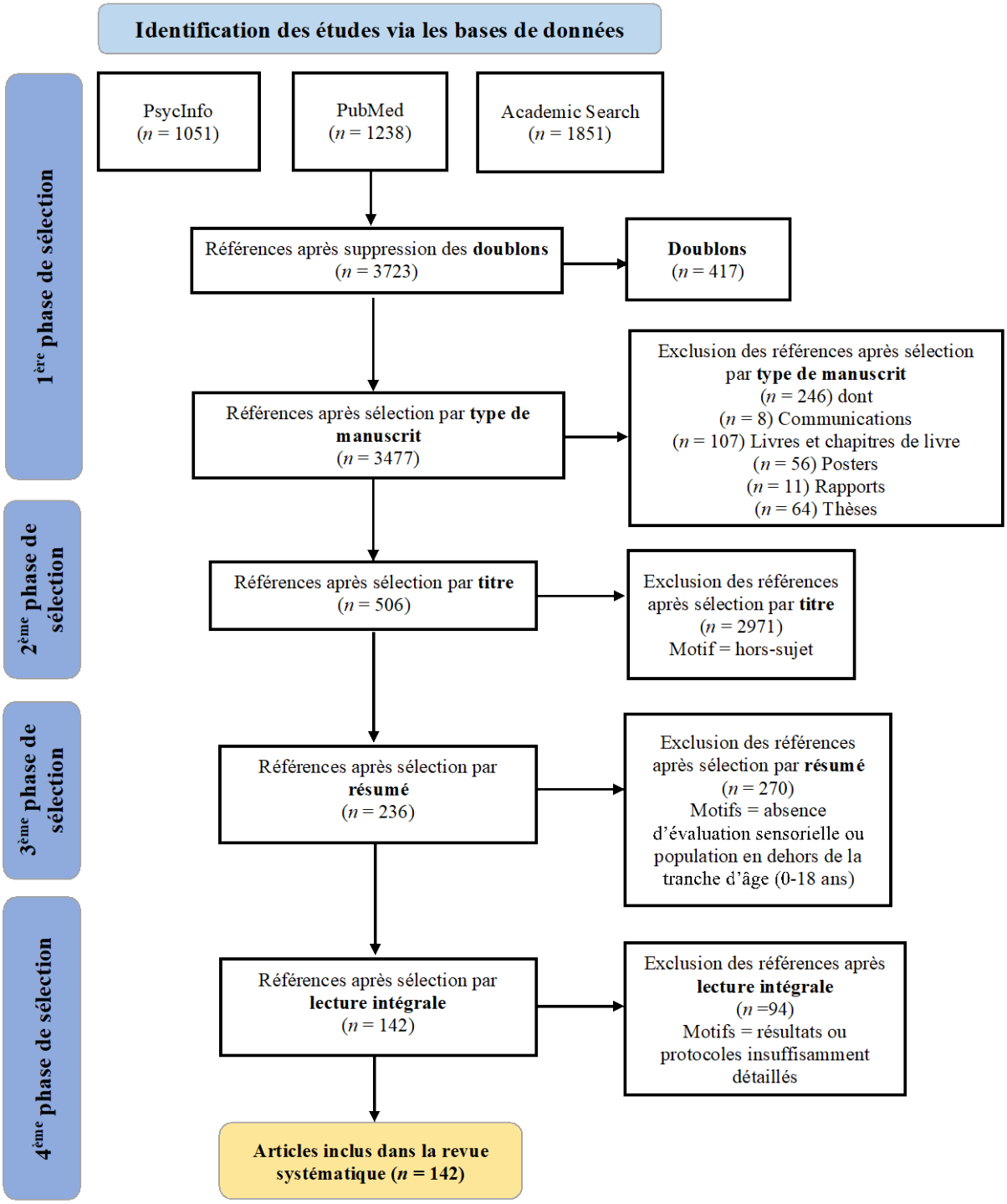
En raison du manque de directives précises concernant les outils et méthodes d'évaluation de la perception sensorielle à utiliser chez les 0-18 ans lors d'examens diagnostiques, nous avons réalisé une revue systématique. Afin de cibler la revue systématique, les mots-clés choisis ont été « *autism* », « *assessment* », « *children and adolescents* » et « *sensory* ». Trois bases de données spécialisées en psychologie et neurosciences ont été sélectionnées pour la recherche d'articles – Academic Search, PsycInfo et PubMed. Les filtres ont exclu les méta-analyses, les revues systématiques et les livres ou chapitres de livre. Finalement, seuls les articles en anglais et en français ont été retenus.

Pour être inclus, les articles devaient : (1) avoir été évalués par des pairs, (2) avoir été publiés au cours des 31 dernières années (1991–2022) et (3) présenter une évaluation de la perception sensorielle pour une population autiste, avec des participants âgés de 0 à 18 ans ayant un diagnostic clinique d'autisme confirmé par un clinicien. Les recommandations PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)* (Page et al., 2021) ont été utilisées pour rapporter cette étude (Figure 12). Un total de 4 140 articles a été identifié à partir des trois bases de données. La sélection finale pour la revue systématique a retenu 142 articles.

Pour l'analyse des résultats, nous avons suivi la méthode de Petticrew et Roberts (2006) : organiser les études en catégories logiques, analyser chaque étude en produisant une description narrative des résultats et résumer les résultats des études. Par ailleurs, les qualités psychométriques des échelles ont été examinées à l'aide de l'approche COSMIN, en particulier avec la *COSMIN Risk of Bias checklist* (Mokkink et al., 2018; Prinsen et al., 2018; Terwee et al., 2018). La validité de contenu, la structure interne ainsi que les autres propriétés de mesure ont été successivement évaluées pour chaque échelle à l'aide des dix étapes COSMIN.

Figure 12

Diagramme PRISMA



- La validité de contenu correspond à la précision avec laquelle l'échelle permet de mesurer le concept visé.
- L'évaluation de la structure interne permet de vérifier comment les items se regroupent pour mesurer les dimensions sous-jacentes du concept étudié.
- Enfin, les autres propriétés de mesure permettent d'examiner la qualité globale de l'échelle ou des sous-échelles.

Nous avons mené l'évaluation en suivant les étapes détaillées dans le guide de recommandation COSMIN (Terwee et al., 2018). La fiabilité des qualités psychométriques des échelles a été évaluée sur une échelle à quatre points. L'approche GRADE (*Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations*) a été utilisée pour déterminer la qualité des preuves (Guyatt et al., 2008). Une dernière section a été ajoutée concernant la faisabilité des échelles, qui permet de fournir des informations sur leur applicabilité dans la pratique clinique.

II.3.C. Résultats

Les résultats présentés dans cette section ont été initialement publiés dans notre article intitulé « Revue systématique des méthodes d'évaluation du traitement sensoriel chez les enfants et adolescents autistes », paru dans la revue Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence en août 2024. Ils sont reproduits ici avec l'autorisation de l'éditeur.

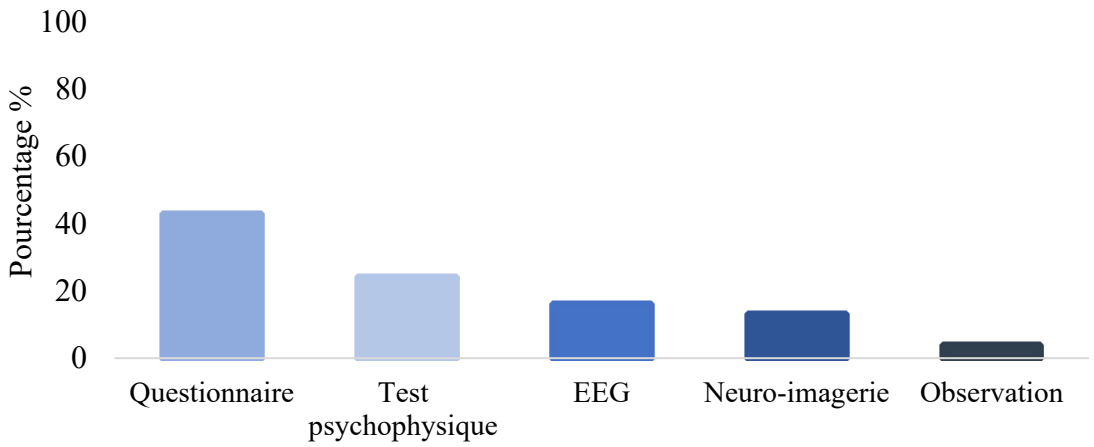
Données globales

Au total, 142 articles ont été inclus dans l'analyse. Tous les articles sélectionnés ont été publiés entre 1995 et 2022. Le taux de publication sur ce thème était faible jusqu'en 2006 (9 % des études incluses dans la revue ; n = 13). À partir de 2007, une augmentation du nombre d'articles publiés par an a été observée. Finalement, un total de 49 % des articles (n = 70) ont été publiés au cours des sept dernières années (2015–2022). Cinq principales méthodes d'évaluation ont été identifiées (Figure 13) :

- questionnaire (44 % ; n = 63) ;
- test psychophysique (23 % ; n = 33) ;
- électroencéphalographie (16 % ; n = 22) ;
- neuro-imagerie (13 % ; n = 18) ;
- protocole d'observation (4 % ; n = 6).

Figure 13

Répartition des méthodes d'évaluation sensorielle chez des personnes autistes dans les articles



Note. N=142.

De plus, parmi les 142 articles, 23 (soit 16 %) utilisaient une méthode d'évaluation combinée, incluant l'utilisation d'un questionnaire et d'une autre méthode :

- test psychophysique (8 % ; *n* = 11) ;
- électroencéphalographie (3 % ; *n* = 5) ;
- neuro-imagerie (5 % ; *n* = 7).

Trois modalités d'évaluation ont été identifiées :

- l'évaluation unisensorielle, qui examine une seule modalité ;
- l'évaluation multisensorielle, qui examine plusieurs modalités simultanément ;
- l'évaluation de tous les sens, mais de manière indépendante, pour obtenir un profil sensoriel global.

Concernant l'évaluation unisensorielle, les canaux sensoriels les plus fréquemment étudiés étaient l'audition (21 %, *n* = 30) et la vision (13 %, *n* = 19), tandis que le toucher (4 %, *n* = 5), l'odorat (4 %, *n* = 5), et le goût (1 %, *n* = 1) présentaient de faibles taux d'exploration dans les protocoles. Un total de 9 % des études ont examiné des canaux multisensoriels de deux

modalités ou plus (*n* = 13). Enfin, l'évaluation du profil sensoriel global représentait 48 % des études (*n* = 68).

Les sections suivantes détaillent les méthodes utilisées dans les articles, selon leur affiliation à deux domaines : la clinique et la recherche.

Évaluations dans le domaine clinique

Les méthodes cliniques comprennent des techniques liées aux pratiques des cliniciens dans le domaine de l'évaluation ou des soins aux patients. Cette revue a identifié deux types de méthodes d'évaluation utilisées dans le domaine clinique : (1) les questionnaires et (2) les protocoles d'observation. Dans cette section, les outils associés à chaque méthode et leur fréquence d'utilisation dans les études sélectionnées sont spécifiés.

(1) Questionnaires (*n* = 63 articles)

Les questionnaires présentent principalement des éléments qui se concentrent sur les observations comportementales de la perception sensorielle pour détecter la présence de patterns atypiques, ainsi que l'intensité ou la fréquence de ces comportements. Un total de douze échelles a été identifié. Une description systématique de chaque outil est présentée en annexe (voir Annexe 1, Tableau 41). Parmi les articles utilisant la méthode par questionnaire, 70 % (*n* = 44) ont été développés par Dunn et ses collègues, correspondant à quatre questionnaires. Le plus largement utilisé était le questionnaire *Short Sensory Profile* (SSP) (Dunn, 2014; McIntosh et al., 1999) (*n* = 23), suivi par la version longue du *Sensory Profile* (SP) (Dunn, 1994, 2014; Dunn & Westman, 1997) (*n* = 16). Deux versions ultérieures ont été conçues en prêtant une attention particulière à l'âge des enfants : une pour les jeunes enfants (0 - 3 ans) l'*Infant/Toddler Sensory Profile* (ITSP) (Dunn & Daniels, 2002) (*n* = 4), et une pour les adolescents/adultes (11 ans et plus) l'*Adolescent and Adult Sensory Profile* (AASP) (Brown & Dunn, 2002) (*n* = 1). Les autres questionnaires, dont la fréquence d'utilisation était inférieure à 30 %, ont été regroupés ensemble.

Les onze échelles identifiées, à l'exception de deux (ITSP et AASP), ont été validées chez une population autiste. Les questionnaires pour les enfants de moins de six ans comprenaient l'ITSP, le *Sensory Experiences Questionnaire* (SEQ/SEQ-3) (Baranek, 1999b; Baranek et al., 2006), et le *Sense and Self-regulation Checklist* (SSC) (Silva & Schalock, 2012). L'AASP était réservé aux adolescents âgés de 11 ans et plus. Les autres questionnaires

pouvaient couvrir des tranches d'âge plus larges, dont certains incluant une population adulte (Schoen et al., 2008, 2017).

Validité de contenu

Le SEQ et le SenSOr ont présenté une validité de contenu élevée (voir Annexe 1, Tableau 42). En effet, la description du construit mesuré par les questionnaires, ainsi que leur support théorique, étaient clairement justifiés par les auteurs. Toutes les informations nécessaires au développement de ces questionnaires ont été fournies, avec un niveau de preuve élevé dans les articles de validation correspondants. En revanche, les questionnaires SP-2, SSP-2, ITSP, SPM, ABQ, SSC ont montré un niveau de preuve modéré, principalement en raison du manque d'intégration des patients dans l'évaluation des questionnaires durant leur phase de développement. Enfin, les questionnaires SP, SSP, AASP, BOSS-P, et SBQ ont obtenu un niveau de preuve faible en raison du manque de justification claire entre le choix des items et l'objectif de mesure. L'EPSA présente également un niveau de preuve faible, mais certaines informations, telles que l'adéquation, sont manquantes à l'analyse.

Structure interne

Le SEQ-3 et BOSS-P étaient les seules échelles à avoir démontré une méthode d'analyse solide de la validité structurelle par l'utilisation d'analyses factorielles confirmatoires (voir Annexe 1, Tableau 43). La plupart des autres échelles ont obtenu un score inadéquat sur cette composante en raison de l'utilisation d'analyses en composantes principales non recommandées par la méthode COSMIN. Les échelles ayant obtenu un score adéquat ont eu recours à des analyses factorielles exploratoires (SPM, ITSP, SenSOr, SP Scale Inventory). L'évaluation de la consistance interne a été effectuée sur l'ensemble des échelles et des sous-échelles pour tous les questionnaires dont les données étaient disponibles, sauf le BOSS-P et l'ABQ qui l'ont effectuée uniquement sur l'ensemble des items. Enfin, la qualité méthodologique d'évaluation de la validité interculturelle et de la mesure de l'invariance est apparue faible pour l'ensemble des échelles, hormis le SEQ-3.

Autres propriétés de mesure

Dans l'ensemble, les propriétés psychométriques des douze échelles évaluées apparaissent hétérogènes. Certaines échelles, telles que le SSP-2 et le SPM (*home form*), affichent des niveaux élevés de fiabilité avec des coefficients de corrélation intraclasse (CCI)

allant jusqu'à 0,97 (voir Annexe 1, Tableau 43). En revanche, plusieurs autres échelles, comme le SEQ-3, le SenSOr, le BOSS-P, l'ABQ et l'EPSA manquent de données sur la fiabilité, l'erreur de mesure ou la validité.

Faisabilité

Le coût des instruments varie de 48 euros pour le SSP à 567 euros pour le SP-2, tandis que certains sont disponibles gratuitement (voir Annexe 1, Tableau 44). Toutes les échelles nécessitent une capacité de lecture et d'écriture de la part des individus les remplissant, généralement un proche du patient. En cas de non-maîtrise de ces habiletés, la majorité des échelles peuvent être administrées directement par le clinicien sous forme d'interview.

La plupart des échelles ne sont pas disponibles en français, hormis le SP (incluant ses différentes versions) et de l'EPSA, ce qui limite leur accessibilité pour les praticiens et les patients non-anglophones. L'administration de l'ensemble des échelles recensées doit être effectuée par un clinicien possédant un diplôme d'État de psychologue, psychomotricien, ergothérapeute ou orthophoniste. Bien que la formation soit recommandée pour la plupart des échelles afin de maîtriser la cotation, elle n'est pas obligatoire.

(2) Protocoles d'observation (n = 6 articles)

La méthode observationnelle représente les protocoles utilisant l'observation directe ou rétrospective (par vidéo) pour construire une grille d'observation des réponses atypiques face aux stimuli sensoriels. Les observations sont collectées dans des environnements dits écologiques. À partir des observations, les chercheurs déterminent un codage commun pour identifier la perception sensorielle reliée aux comportements. Trois dispositifs/outils ont été identifiés concernant la méthode observationnelle : vidéo, observation semi-structurée et observation par des cliniciens.

Le dispositif vidéo correspondait dans la revue à plusieurs observations basées sur le visionnage de vidéo de jeunes enfants autistes. Ce dispositif permettait que le comportement soit analysé de façon rétrospective (Baranek, 1999a).

Les observations semi-structurées regroupaient deux outils standardisés : *Sensory Processing Assessment for Young Children* (SPA) et *Sensory Processing Scale Assessment* (SPS) (Baranek et al., 2007, 2013; Kirby, Little, et al., 2015; Schoen et al., 2014). Le SPA était conduit à travers une observation semi-structurée dans une situation de jeu pendant 20 minutes,

tandis que le SPS fournissait 15 activités de jeu structurées. Les deux mesuraient les comportements d'hyper- et d'hyporéactivité en réponse aux stimuli.

Enfin, l'observation par un clinicien correspond au *Sensory Assessment for Neurodevelopmental Disorders* (SAND) (Siper et al., 2017; Tavassoli et al., 2016). Cet outil était une observation administrée par un clinicien complémentée par un entretien avec la famille pour identifier les symptômes sensoriels sur la base du critère du DSM-5.

Évaluations dans le domaine de la recherche

Les méthodes de recherche concernent une triade d'outils exploratoire, incluant : (1) test psychophysique, (2) électroencéphalographie, et (3) neuro-imagerie. Ces techniques sont employées de manière prédominante dans les protocoles expérimentaux, justifiant leur regroupement dans une section dédiée. Afin de sélectionner les tâches présentées, le critère de sélection choisi était d'identifier si la tâche apparaissait plus de deux fois dans la littérature scientifique, et par des auteurs qui n'appartenaient pas à la même équipe de recherche.

(1) Tests psychophysiques (n = 33 articles)

Les tests psychophysiques sont des dispositifs techniques utilisés dans des situations où des individus sont confrontés à différents types de stimuli sensoriels afin de recueillir des réponses quantitatives aux stimuli via des indices physiologiques, et permettent d'établir une relation potentielle entre eux. Divers indices peuvent être utilisés, y compris la réponse électrodermale, le temps de réaction, la performance ou les seuils de détection. Cette méthode concernait deux formats expérimentaux : l'évaluation multisensorielle et l'évaluation unisensorielle. Cette section présente les tests psychophysiques couramment utilisés dans la recherche représentée dans les 33 articles.

Évaluation multisensorielle (17,6 %, n = 6): un protocole, appelé le *Sensory Challenge Protocol*, a été utilisé dans deux études (Reynolds et al., 2012; Schoen, 2009). Ce protocole proposait une évaluation standardisée par une mesure de la réactivité électrodermale et du tonus vagal, pendant que les enfants et adolescents étaient successivement exposés à des stimuli olfactifs, auditifs, visuels, tactiles et vestibulaires.

Les autres études ont investigué l'évaluation bimodale, en particulier concernant les stimuli audio-visuels (*n* = 4) (Feldman et al., 2019; Kwakye et al., 2011; Stewart et al., 2016; Taylor et al., 2010). La revue a permis d'identifier trois tâches principales :

- *Temporal order judgement task* (TOJ) correspondait à une mesure de l'habilité de l'individu à juger de l'ordre d'apparition consécutif de stimuli. L'objectif était d'investiguer s'il existait des différences interindividuelles dans la perception temporelle lors de l'intégration de stimuli audio-visuels.

- *McGurk task* visait à évaluer l'interaction entre la perception auditive et visuelle lors de la présentation de sons simples tels que « ba », « ga », « da », et « tha ». L'objectif de cette tâche était d'évaluer la probabilité que les personnes entendent un troisième son, connu sous le nom d'illusion de McGurk, lorsqu'elles étaient exposées à des stimuli auditifs et visuels discordants. Cette tâche permet une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans l'intégration multisensorielle pour la compréhension du langage.

- Dans le *Bisensory task paradigm*, les participants avaient pour instructions de répondre aussi rapidement et précisément que possible en indiquant la localisation d'une cible qui était soit visuelle, auditive ou audiovisuelle. L'objectif de cette tâche était d'évaluer l'effet de la facilitation bisensorielle.

Évaluation unisensorielle (82,3 %, *n* = 27) : d'autres protocoles se basent sur l'évaluation d'une seule modalité sensorielle. Les modalités sensorielles les plus fréquemment investiguées avec des tests psychophysiques étaient la vision (*n* = 12) (Bertone et al., 2003; De Jonge et al., 2007; Del Viva et al., 2006; Foss-Feig et al., 2013; Guy et al., 2016; Heaton & Freeth, 2016; Joseph et al., 2009; Milne et al., 2009, 2013; Schauder et al., 2017; Spencer & O'Brien, 2006; Takarae et al., 2008) et l'audition (*n* = 5,5) (Boets et al., 2015; Chowdhury et al., 2017; Demopoulos, Brandes-Aitken, et al., 2015; DePape et al., 2012; Foss-Feig et al., 2017; Foster et al., 2016). Le sens de l'odorat a été étudié dans cinq études (Dudova et al., 2011; Galle et al., 2013; Kumazaki et al., 2016; Luisier et al., 2015; Muratori et al., 2017), suivi par le toucher (*n* = 3,5) (Buyuktaskin et al., 2021; Demopoulos, Hopkins, et al., 2015; Duerden et al., 2015; Riquelme et al., 2016), et le goût (*n* = 1) (Bennetto et al., 2007).

Vision

- *Gabor Patches* ont été conçus pour évaluer la perception visuelle. Ils se présentaient sous la forme de filtres (une série de barres noires et blanches) (Field et al., 1993; Kovács & Julesz, 1993). L'objectif de l'exposition à ces stimuli était d'évaluer la réponse visuelle (temps de détection) à différents types de motifs, fréquences et orientations spatiales.

- *Glass patterns* prennent la forme d'un ensemble de points arrangés pour former un motif global ou pour se déplacer dans une direction afin de créer un mouvement (Glass, 1969). Cette tâche a été utilisée pour évaluer la détection de forme et la perception de la cohérence du mouvement.

- *Motion processing and form discrimination tasks* ont été utilisées pour évaluer la perception visuelle, mais pouvaient impliquer une conception expérimentale différente selon les études (De Jonge et al., 2007; Schauder et al., 2017). L'objectif de la tâche était d'évaluer la capacité d'un individu à détecter les mouvements effectués par un ensemble de points ou de formes.

Audition

- Le *Differential Screening Test for Processing* (DSTP) fournissait trois tâches distinctes pour évaluer les capacités auditives d'un individu (Richard & Ferre, 2006). Celles-ci incluaient l'écoute dichotique pour reconnaître des nombres présentés simultanément, le modelage temporel en reproduisant une série de sons de basse et haute fréquence, et le filtrage auditif en répétant des syllabes non-sens avec du bruit de fond.

- La *global/local task* était une procédure au cours de laquelle des modèles sonores étaient présentés aux participants (Justus & List, 2005) qui étaient ensuite invités à déterminer si la fréquence des sons augmentait ou diminuait en fonction de leur présentation globale ou locale. Cette tâche était utilisée pour évaluer les processus de traitement auditif de haut niveau (tel que la compréhension du langage).

- La *pitch direction task* visait à évaluer la perception auditive à un niveau élémentaire (Gougoux et al., 2004). Dans cette tâche, les participants étaient exposés à des paires

de sons de différentes hauteurs et devaient décider si le second son était plus bas ou plus haut que le premier.

Odorat

- Le *Sniffin'Sticks* test utilisait un design standardisé pour évaluer la sensibilité olfactive en présentant des bâtonnets avec différents parfums (Hummel et al., 1997). Trois tests étaient administrés successivement aux participants pour mesurer le seuil de détection, l'identification et la discrimination.

- Le *Smell Identification Test*™ (UPSIT®) visait les mêmes objectifs que le test précédent mais se distinguait par la méthode de présentation des odeurs (bouteilles ou tampons imprégnés) (Doty et al., 1984).

Toucher

- Le *Touch-test sensory evaluators* (*Touch Test Sensory Evaluators*, n.d.) évaluait la force nécessaire pour qu'un individu détecte le contact d'un filament sur sa main ou son pied. Le diamètre du filament était ajusté du plus petit au plus grand.

- La *Two-point discrimination test* (*Touch Test Two Point Discriminator*, n.d.) généralement utilisé lors des examens neurologiques cliniques, évaluait la sensibilité du système nerveux périphérique (SNP) pour discriminer deux stimuli tactiles rapprochés sur la peau. Ces stimulations étaient généralement administrées sur le pied ou la main de l'individu.

Goût

La seule étude de notre échantillon sur l'évaluation du goût proposait une méthode d'évaluation par *électrogustométrie,* utilisée pour mesurer la sensibilité gustative d'un individu. Pour ce faire, des courants électriques de différentes intensités sont appliqués sur la langue via des électrodes pour déterminer le seuil de détection nécessaire à la perception du goût.

(2) Électroencéphalographie (n = 22 articles)

L'électroencéphalographie est une technique non invasive qui fournit des mesures électriques de l'activité cérébrale en réponse à une stimulation sensorielle. Des électrodes sont placées sur le cuir chevelu des individus pour mesurer les potentiels évoqués qui correspondent

à la réponse électrique du cerveau en réponse à un stimulus spécifique. Cette technique est utilisée pour identifier les variations ou les anomalies dans le traitement des informations sensorielles par le système nerveux (SN).

Dans les études expérimentales, cette méthode d'évaluation est souvent combinée avec des tâches expérimentales évaluant l'activité cérébrale électrique lors de l'exposition à des stimuli sensoriels. Parmi les 22 études examinant l'évaluation unisensorielle, 12 se sont concentrées sur la perception auditive, avec la moitié explorant la perception de la parole (Arnett et al., 2018; Kujala et al., 2010; Ludlow et al., 2014; Otto-Meyer et al., 2018; Russo et al., 2009; Whitehouse & Bishop, 2008) et l'autre moitié sur la perception de sons simples (Donkers et al., 2015; Foss-Feig et al., 2018; Hudac et al., 2018; Kemner et al., 1995; Lincoln et al., 1995; Vlaskamp et al., 2017). Quatre études supplémentaires ont exploré la modalité visuelle (Cléry et al., 2013; Frey et al., 2013; Pei et al., 2014; Shuffrey et al., 2018) et une la modalité tactile (Cascio et al., 2015). Cinq études ont examiné les évaluations multisensorielles, avec quatre se concentrant sur la modalité audiovisuelle (Brandwein et al., 2013; Brandwein et al., 2015; Molholm et al., 2020; Stefanou et al., 2020) et une sur l'intégration audito-somato-sensorielle (Russo et al., 2010).

Le paradigme de l'*oddball* était utilisé comme méthode de référence pour évaluer les réponses aux stimuli dans les études sur la perception auditive et visuelle, produisant un *Mismatch Negativity* (MMN) (Näätänen, 1995; Näätänen & Alho, 1995). MMN est un *event-related potential* (ERP) qui se produit lorsqu'un stimulus déviant est présenté dans une série de stimuli répétitifs.

Les études sur la modalité visuelle ont utilisé deux méthodes pour recueillir des potentiels évoqués spécifiques : *Visual Evoked Spread Spectrum Analysis* (VESPA), qui se concentrait sur l'analyse des potentiels évoqués visuels (Lalor et al., 2006) et *Steady-State Visually Evoked Potential* (SSVEP), qui analysait les potentiels évoqués en réponse à des stimuli visuels périodiques et répétitifs (Norcia et al., 2015).

La seule étude se concentrant sur la modalité tactile a examiné la relation entre l'hyper- et hyporéactivité tactile et la réponse neuronale au toucher sans utiliser de tâche de référence pour l'administration des stimuli tactiles.

Cinq études ont évalué la vitesse du traitement sensoriel en réponse à des stimuli auditifs et visuels/tactiles simultané chez des enfants autistes en comparaison d'un groupe témoin. Cependant, aucun protocole spécifique n'a été identifié pour ces études.

(3) Neuro-imagerie (*n* = 18 articles)

La neuro-imagerie fait référence à l'utilisation d'outils tels que l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle ou la magnétoencéphalographie, qui mesure l'activité électrique du cerveau en identifiant les variations hémodynamiques ou les potentiels évoqués afin de visualiser le traitement des informations cognitives ou sensorielles. Au cours de ces procédures, les participants doivent rester immobiles à l'intérieur d'un cylindre et reçoivent des stimuli via un écran ou des écouteurs.

Dans cette revue, les outils de neuro-imagerie les plus utilisés étaient l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf ; n = 7) et la magnétoencéphalographie (MEG ; *n* = 7). Quatre études ont utilisé une méthode d'imagerie cérébrale combinée (IRM/MEG). Les études d'imagerie cérébrale étaient complétées avec une tâche expérimentale pour cartographier l'activité cérébrale pendant le traitement sensoriel. Les modalités sensorielles explorées étaient l'audition, la vision et l'audio-tactile.

La modalité auditive a été la plus fréquemment examinée par cette méthode, apparaissant dans 12 études. Quatre principaux protocoles de test ont été utilisés :

- *Oddball paradigm* (Gomot et al., 2008; Jao Keehn et al., 2017; Mamashli et al., 2017; Yau et al., 2016) (cf. test psychophysique),

- Tâche d'écoute de son simple (Demopoulos, Hopkins, et al., 2015; Matsuzaki et al., 2019; Oram Cardy et al., 2008; Roberts et al., 2010, 2020), qui impliquait l'écoute d'un son simple et l'analyse de la réponse évoquée.

- Le *paired-clicked paradigm* (ou paradigme des clics appariés) pour évaluer le filtrage sensoriel, qui correspondait à une atténuation de la réponse à la présentation répétée du même stimulus (Orekhova et al., 2009, 2012).

- Seule une étude a utilisé le *resting state* (ou l'état de repos), qui correspondait à l'activité neuronale d'un individu sans stimuli externes (Linke et al., 2018).

Concernant la modalité visuelle, deux tâches expérimentales ont été identifiées :

- *Embedded Figure Task* (EFT) (Manjaly et al., 2007) a été utilisée pour évaluer la dépendance/indépendance du champ pour discriminer des informations visuelles. Des formes géométriques complexes étaient présentées aux participants qui avaient pour tâche de trouver une forme simple cachée et intégrée à ces dernières.

- La *coherent motion detection task* qui a été utilisée pour étudier la perception du mouvement (Brieber et al., 2010) (cf. test psychophysique).

Les deux dernières études sur la vision ont utilisé des tâches expérimentales distinctes conçues spécifiquement pour leur étude (Keehn et al., 2008; Seymour et al., 2019). Aucune méthode de référence n'a été trouvée pour les études sur l'intégration multisensorielle (Green et al., 2016, 2017).

II.3.D. Discussion

L'objectif principal de cette revue systématique était de réaliser une synthèse des méthodes d'évaluation de la perception sensorielle chez les enfants et adolescents diagnostiqués avec autisme dans les études publiées au cours des 30 dernières années (1991-2022). Cinq méthodes d'évaluation ont été identifiées. Dans cette section, nous comparerons les avantages et limites de chaque méthode.

Domaine clinique

Parmi les deux méthodes cliniques, les questionnaires ont l'avantage de fournir un outil standardisable permettant de positionner les individus par rapport à un groupe de référence en utilisant des données quantitatives, et de mesurer les changements de la perception sensorielle au fil de temps. Ils sont facilement administrables, avec des temps de test allant de 10 minutes à une heure. Ils s'intègrent aisément dans un contexte clinique, ce qui est cohérent avec le constat de leur utilisation fréquente pour évaluer et suivre les enfants. Malgré l'avantage des évaluations basées sur les questionnaires pour les cliniciens, plusieurs limitations à leur utilisation peuvent être notées : le fait que les questionnaires impliquent des observations par les soignants et qu'il existe une diversité de cibles d'évaluation entre les questionnaires. Selon le statut du *caregiver* qui complète l'évaluation, les résultats peuvent varier, ce qui représente un biais significatif, surtout dans une évaluation diagnostique. De plus, certaines mesures

comme les sensations intéroceptives (vestibulaire, proprioception, thermoception, etc.) sont difficiles à observer, même pour les proches. En outre, la variété des cibles d'évaluation entre les questionnaires peut conduire à d'importantes disparités dans l'évaluation de la même modalité sensorielle.

L'analyse des qualités psychométriques des questionnaires a mis en évidence des disparités importantes. Certains instruments comme le SEQ et le SenSOr présentent une validité de contenu élevée contrairement au SP-2 et SSP-2. La validité de contenu est pourtant une étape cruciale dans le développement d'une échelle pour éviter le décalage entre le concept cible et la mesure effective (Rothman et al., 2009). La plupart des échelles n'ont pas démontré une robustesse adéquate dans leur structure interne. De plus, l'accessibilité linguistique et le coût des instruments varient considérablement, limitant leur utilisation dans certains contextes cliniques. Les échelles de Dunn apparaissent comme les plus utilisées, et pourtant l'analyse des qualités psychométriques démontre une validité de contenu avec un faible niveau de preuve.

La méthode d'observation est souvent décrite comme la méthode préférée des cliniciens sur le terrain en raison de la sensibilité clinique des informations qu'elle permet de recueillir sur l'enfant dans un cadre relativement écologique, telle une situation de jeu ou au domicile via vidéo. Son principal avantage est qu'elle évalue directement les réactions sensorielles de l'individu. Cependant, cette méthode a l'inconvénient de ne pas être encore standardisée. Le manque de données ne nous permet pas d'attester de sa validité dans le contexte d'une évaluation de l'autisme. Enfin, la méthode est coûteuse en termes de temps et de ressources humaines. Par ailleurs, elle présente une variabilité notable entre les observateurs.

Domaine de la recherche

Dans notre revue, nous avons noté les avantages de l'utilisation des tests psychophysiques, de la neuro-imagerie et de l'électroencéphalographie en recherche. D'une part, les chercheurs peuvent obtenir des mesures quantitatives de la perception sensorielle d'un individu. D'autre part, les résultats contribuent à améliorer notre compréhension des processus sous-jacents de la perception sensorielle dans l'autisme et à identifier des marqueurs.

D'un point de vue pratique, ces dispositifs sont chronophages et coûteux dans la plupart des configurations. De plus, la complexité des protocoles peut introduire un biais dans la sélection des patients, comme cela a déjà été noté dans la littérature (Russell et al., 2019). En effet, l'application de ces protocoles aux enfants et adolescents autistes est rendue difficile en

raison de l'anxiété provoquée par le caractère invasif de ces examens (p. ex., le bruit des appareils et la nécessité de rester immobile). Les tâches expérimentales présentées dans ces protocoles se concentrent souvent uniquement sur un seul aspect du traitement des stimuli (p. ex, pour la vision uniquement la discrimination visuelle ou la perception du mouvement). De plus, certaines modalités sensorielles sont plus accessibles pour l'évaluation avec ce type de dispositif. En conséquence, un grand nombre d'études ont été menées sur l'ouïe et la vision, tandis que d'autres modalités sensorielles ont été moins investiguées en raison de l'incompatibilité de leurs tâches expérimentales avec ces outils de mesure. D'autre part, la revue révèle une grande variété de protocoles expérimentaux. Cela soulève une fois de plus la question du consensus sur la caractérisation du traitement sensoriel, en particulier la reproductibilité. Dans le cas des méthodes de recherche, cela favoriserait la possibilité de synthétiser et d'unifier les connaissances accumulées dans un modèle qui permettrait une compréhension globale de ce processus.

Évaluation combinée / unisensorielle vs multisensorielle

Enfin, nous abordons deux derniers points soulevés dans cette revue, concernant l'utilisation de l'évaluation combinée ainsi que l'utilisation d'évaluation unisensorielle ou multisensorielle.

L'évaluation combinée, recommandée par la pratique fondée sur les preuves (Wong et al., 2015), était sous-représentée dans la revue (23 %). Sa généralisation permettrait de consolider les évaluations en limitant le biais induit par l'utilisation d'une seule méthode, puisque chacune peut présenter des biais spécifiques dans les résultats obtenus. Le recoupement des résultats avec deux méthodes ou plus permettrait de vérifier leur cohérence concernant la perception sensorielle de l'enfant. De plus, les méthodes fournissent des informations sur des domaines distincts de la perception sensorielle (physiologique, comportemental, situationnel) et offriraient une vision plus complète du fonctionnement sensoriel de l'enfant.

La revue a identifié une autre modalité d'évaluation : l'exploration unisensorielle ou multisensorielle. L'évaluation unisensorielle était la modalité la plus courante et la plus utilisée pour évaluer la réponse d'un enfant à un canal spécifique. Cependant, depuis les années 2010, on a observé une augmentation de l'utilisation de l'exploration multisensorielle. Cette modalité se rapproche d'une situation écologique où la stimulation est rarement limitée à un seul canal. L'évaluation multisensorielle cible la modulation de plusieurs canaux, qui peuvent être

sollicités simultanément à des degrés d'intensité variables. Il n'y a pas de preuve claire pour expliquer la faible représentation des études multisensorielles dans cette revue. Nous suggérons que cela pourrait être dû à des limitations méthodologiques.

Les recommandations ne seront pas abordées dans le cadre de la partie théorique de cette thèse, mais sont disponibles dans la section discussion de l'article original.

Cette revue systématique révèle que malgré le nombre croissant d'études menées sur le sujet depuis trente ans, les méthodes d'évaluation restent très variées (Figure 14).

Conclusion sur la revue systématique des méthodes d'évaluation de la perception sensorielle dans l'autisme

Cette revue systématique souligne la diversité des méthodes d'évaluation de la perception sensorielle chez les enfants et adolescents autistes. Les questionnaires, bien qu'utiles, présentent des limites liées à la subjectivité des soignants et à la variabilité des outils. Les méthodes d'observation, plus écologiques, manquent de standardisation et sont coûteuses. En recherche, des techniques comme la neuro-imagerie fournissent des données quantitatives, mais leur application est compliquée par leur caractère invasif. L'évaluation multisensorielle, plus proche des situations réelles, reste sous-exploitée en raison de contraintes méthodologiques. Les recherches futures devront travailler sur un consensus pour harmoniser ces approches et améliorer la compréhension du traitement sensoriel.

Figure 14

Synthèse de la partie II.3

II.3 Revue systématique des outils et méthodes - article

	Clinique		Recherche		
	Questionnaires – 44 %	**Observations – 4 %**	**Tests psychophysiques – 23 %**	**Electroencéphalographie - 16 %**	**Neuro-imagerie – 13 %**
Description de la méthode	❑ Questions qui se concentrent sur la fréquence et l'intensité des comportements liés à des atypies de perception sensorielle	❑ Protocoles utilisant l'observation la vidéo, l'observation semi-structurée ou l'observation par des cliniciens	❑ Dispositifs techniques permettant de recueillir des réponses quantitatives aux stimuli via des indices physiologiques	❑ Technique non-invasive de mesures électriques de l'activité cérébrale	❑ Appareillage mesurant l'activité électrique du cerveau en réponses à des stimulations sensorielles
Modalités investiguées	Toutes	Toutes	Toutes	Audition, vision, tactile, audio-visuel et audito-somato-sensorielle	Audition, vision et audio-visuel
Coût	Faible	Faible	Modéré à élevé	Elevé	Elevé
Précision	Faible	Modérée	Modérée	Elevé	Elevé
Modalité d'administration	Indirecte rétrospective	Directe et rétrospective	Directe	Directe	Directe

Conclusion sur la perception sensorielle dans l'autisme

La perception sensorielle dans l'autisme reste un sujet débattu, tant en ce qui concerne sa caractérisation que son évaluation. Les méthodes d'évaluation de la perception sensorielle dans l'autisme sont encore en évolution, avec des défis méthodologiques importants à surmonter. Un consensus méthodologique est crucial pour harmoniser les approches cliniques et de recherche, afin de mieux comprendre le traitement sensoriel dans l'autisme et d'améliorer la qualité des diagnostics et interventions thérapeutiques. Cette diversité pourrait être le révélateur d'un manque de consensus sur le plan théorique. Afin de mieux comprendre cette diversité, la section III abordera une analyse détaillée des théories de la perception sensorielle dans l'autisme.

III. Modèles théoriques de la perception sensorielle dans l'autisme

Les modèles théoriques de la perception sensorielle présentés dans cette section ont pour objectif de fournir un cadre explicatif des différences sensorielles chez les individus sur le spectre de l'autisme. Entreprendre des recherches sur la perception sensorielle dans l'autisme nécessite de s'intéresser aux théories issues de deux domaines : la recherche fondamentale et la clinique. Les théories issues de ces domaines se différencient à la fois sur le plan méthodologique et dans l'application de leurs résultats. Alors que la recherche fondamentale adopte une démarche hypothético-déductive, les théories issues de la pratique clinique sont le résultat d'un raisonnement empirique. En pratique, les résultats de la recherche fondamentale sont rarement mis en application sur le terrain, contrairement à ceux de la pratique clinique qui sont largement répandus et utilisés par les professionnels.

Trois principales théories en lien avec le domaine clinique seront présentées : la première théorie exposée propose une modélisation de l'intégration du traitement sensoriel, et les deux autres de la modulation sensorielle. Le champ de la recherche fondamentale comportera deux théories neurobiologiques (la théorie du déséquilibre des signaux, la théorie du monde intense) et une théorie neuro-computationnelle (la théorie du cerveau bayésien) qui accordent une place plus ou moins importante à la perception sensorielle dans leur conceptualisation de l'autisme. Enfin, nous aborderons les avantages et limites de chacun des modèles théoriques.

III.1. Les théories issues de la pratique clinique

Les trois théories cliniques majeures dans la perception sensorielle de l'autisme sont celles de l'*intégration sensorielle* (Ayres, 1972), des *seuils neurologiques et réponses comportementales* (Dunn, 1997b, 2007) et du *modèle écologique de la modulation sensorielle* (Miller et al., 2001). Ces modèles, pionniers dans le domaine, apportent chacun un éclairage complémentaire sur les processus sous-jacents aux différences de perception sensorielle. Ils fournissent un cadre essentiel et s'avèrent des références incontournables pour la compréhension des expériences sensorielles des personnes autistes par les cliniciens.

III.1.A. Théorie de l'intégration sensorielle

La théorie de l'*intégration sensorielle* a été formulée par Anna Jean Ayres. Elle est issue d'un long travail clinique et de recherche qu'elle a mené des années 1950 à 1980 au sein du département d'ergothérapie et d'éducation spécialisé de l'Université de Californie du Sud. Considérée comme avant-gardiste pour son temps, elle a proposé que le processus de l'intégration sensorielle correspondait à la capacité d'un individu à traiter et à organiser les informations sensorielles de son environnement en vue de les utiliser. Selon Ayres, ce processus peut être amélioré en régulant les entrées sensorielles. Ses travaux ont été motivés par son constat du manque de soutien adapté aux enfants souffrant de troubles des apprentissages. À son époque, la réponse donnée pour soutenir ces enfants était largement axée sur des « entraînements cognitifs », ce qu'elle considérait comme inadapté, car traitant le symptôme qui interfère avec l'apprentissage au lieu de viser la modification du processus.

Dans son livre qui pose les fondements de sa théorie (1972a), Ayres a proposé une théorie dite « neuro-comportementale ». Ayres faisait le constat que les connaissances scientifiques de son époque concernant le développement neurologique du processus d'intégration sensorielle chez l'enfant étaient insuffisantes pour développer un programme d'intervention. Pour pallier ce manque, elle a proposé de combiner les connaissances des recherches sur le cerveau et les données sur le fonctionnement neural des vertébrés inférieurs.

En ce qui concerne les facteurs impliqués dans les séquences de développement de l'intégration sensorielle chez l'homme, Ayres en a identifié deux principaux. Tout d'abord, l'apprentissage élémentaire qu'elle définit comme la capacité de l'enfant à interpréter son environnement et à y réagir de manière appropriée. De l'autre côté, elle a souligné le concept

d'un « cerveau préprogrammé », où chaque étape du développement dépend, dans une certaine mesure, de la maturation de la précédente. Concernant les données sur les vertébrés, Ayres s'est appuyée sur les connaissances du système nerveux central (SNC), notamment avec le concept d'organisation hiérarchique ou en strate. Elle a avancé l'idée que, lorsqu'il existe une déviation du développement cérébral par rapport à la norme, les comportements qui en résultent pourraient correspondre à un retour à des étapes plus anciennes dans l'évolution du développement des vertébrés. Ainsi, sa proposition théorique englobe une perspective évolutive pour interpréter les comportements atypiques chez les individus.

À partir de cette synthèse, elle a formulé des propositions pour une approche thérapeutique sensori-motrice détaillée par syndrome. En utilisant les résultats de batteries complètes de tests neurologiques cliniques, elle a constaté que des groupes distincts de symptômes apparaissaient statistiquement ensemble (Ayres, 1965, 1969). Elle a postulé que ces groupes constituaient des syndromes et a fait une proposition de cinq catégories permettant de catégoriser les enfants présentant un handicap éducatif.

Troubles de l'intégration posturale et bilatérale

Cette première catégorie décrit des difficultés chez l'enfant qui se manifestent par des réflexes posturaux primitifs mal intégrés, un manque d'équilibre, un mauvais contrôle oculaire et une fragilité dans la coordination. Ces troubles affectent la stabilité corporelle, la coordination des deux côtés du corps, ainsi que les tâches motrices globales et fines, comme courir ou manipuler des objets. Ils peuvent également altérer le suivi visuel et la coordination œil-main, impactant des activités quotidiennes telles que la lecture et l'écriture.

Apraxie développementale

Ce trouble de l'intégration sensorielle affecte la capacité à planifier et exécuter des actions. Les enfants concernés rencontrent des difficultés à relier la séquence des mouvements les uns aux autres, tels que s'habiller, attraper une balle ou utiliser des outils comme des couverts. Cette lenteur dans l'exécution des activités affecte aussi bien les gestes spontanés que les actions apprises. L'évolution terminologique de l'apraxie développementale correspond en grande partie à ce que l'on appelle aujourd'hui la dyspraxie.

Perception de la forme et de l'espace

La troisième catégorie correspond à un défaut de perception visuelle de la forme et de l'espace, de la perception kinesthésique, et de la perception manuelle des formes. Cela peut entraîner chez l'enfant des difficultés à se repérer et à se mouvoir dans l'espace. Ce trouble affecte la compréhension des distances, l'orientation, ainsi que la manipulation d'objets.

Troubles de l'audition et du langage

Ce trouble affecte les aspects élémentaires de la fonction auditive-langagière et recouvre les déficits de la perception auditive en lien avec les aires du langage. L'enfant peut rencontrer ici des difficultés d'acquisition et de maîtrise de langage. Ces déficits peuvent se traduire par des retards dans le développement du vocabulaire, une syntaxe appauvrie ou des difficultés à suivre des instructions verbales, impactant ainsi la communication et l'interaction sociale.

Défenses tactiles et réactions comportementales connexes

Les enfants inclus dans cette catégorie réagissent de manière excessive à certains types de stimuli tactiles (comme le contact avec des vêtements, le brossage des cheveux, ou un contact physique imprévu), ce qui peut se manifester par de l'hyperactivité et de la distractibilité sur le plan comportemental.

L'ensemble des observations réalisées auprès des enfants de son centre ont permis à Ayres d'élaborer son approche thérapeutique ASI® (*Ayres Sensory Integration*). Cette thérapie a été validée et est utilisée jusqu'à nos jours dans de nombreux pays (Kashefimehr et al., 2018; Schaaf et al., 2014). Le format de thérapie est adapté en fonction des besoins identifiés par le clinicien et se présente sous forme d'activités basées sur le jeu, pour aider l'enfant à développer sa capacité à traiter et intégrer les informations sensorielles.

Certaines des idées avancées dans sa théorie se sont avérées vérifiées par les neurosciences actuelles telles que (Lane et al., 2019) :

- Le rôle des systèmes sensoriels vestibulaire, proprioceptif et tactile dans la coordination motrice, la stabilité posturale et la praxis.
- L'importance des expériences sensori-motrices pour le développement cognitif, moteur et émotionnel chez les enfants.

- La neuroplasticité qui correspond à la capacité de modification neuronale en réponse à des expériences sensorielles spécifiques.

Néanmoins, certaines des propositions d'Ayres concernant les processus sous-jacents de l'intégration sensorielle et l'explication de l'étiologie des cinq syndromes nécessiteraient de mener des investigations sur le plan expérimental pour être confirmées. Par exemple, même si les interventions en intégration sensorielle ont montré leur efficacité sur le plan empirique, le lien précis entre ces interventions et les changements neurologiques spécifiques sur le SNC n'a pas été clairement établi (Kilroy et al., 2019).

Ainsi, la théorie de l'*intégration sensorielle* a contribué à fournir une classification systématique des manifestations sensorielles chez les enfants avec des troubles du neurodéveloppement. D'un autre côté, elle a aussi permis de souligner la place importante des différences sensorielles dans la symptomatologie globale ainsi que la nécessité d'élaborer des interventions thérapeutiques dans ce domaine. Néanmoins, la théorie, les tests et la thérapie d'Ayres font toujours l'objet de débat entre les chercheurs (Cummins, 1991; Kilroy et al., 2019; Watling & Hauer, 2015).

III.1.B. Théorie des seuils de détection et réponses comportementales

Dans les années 2000, Winnie Dunn a proposé la théorie des *seuils neurologiques et des réponses comportementales*. Cette théorie propose que le processus de modulation sensorielle chez les personnes autistes présente une anomalie de détection de stimuli. Ainsi le niveau de détection de la stimulation peut être soit trop fort, soit trop faible – entraînant soit des hypo- ou des hypersensibilités. Depuis, cette notion a été largement admise par la communauté scientifique et a intégré la définition du critère diagnostique sur la sensorialité dans l'autisme.

Des travaux préliminaires ont été menés par Dunn avant d'aboutir à la formalisation de sa théorie. Notamment, un questionnaire (*Sensory Profile*, Dunn, 1994) a été développé pour la première fois dans le cadre d'une étude pilote pour répondre au manque d'outils appropriés pour l'identification des différences de perception sensorielle. Dunn a justifié le développement de son outil en soulignant trois limites du test standard de l'époque (SIPT, Ayres, 1989) : la nécessité d'évaluateurs spécialisés, le temps de passation du test et la situation de passation non écologique. Afin d'adopter une autre approche, le *Sensory Profile* s'est basé sur des « *sensory history items* » issus de la littérature et la conception d'items qui permettent d'évaluer des

évènements sensoriels courants. En 1997, une version du questionnaire avec 125 items a été administrée sur un échantillon de 1 115 enfants tout-venant âgés entre 3 et 10 ans (Dunn & Westman, 1997). Une autre étude a été publiée l'année suivante avec l'ajout de deux groupes (autisme/TED et TDA/H) afin de mener des comparaisons (Ermer & Dunn, 1998). Les deux auteurs affirmeront sur la base de leurs analyses que leur questionnaire est discriminant pour identifier des groupes d'enfants avec troubles sur le plan sensoriel. Dans les années qui suivirent, le questionnaire a été adapté en version abrégée (SSP, McIntosh et al., 1999), pour les adolescents/adultes (AASP, Brown et al., 2001), et pour les jeunes enfants (ITSP, Dunn, 2002). Néanmoins, deux revues, dont la nôtre, menées sur les qualités psychométriques des questionnaires ont classé le *Sensory Profile* comme ayant des qualités psychométriques insuffisantes pour évaluer les différences sensorielles dans l'autisme (Brouche, Cazalis, et al., 2024; Gunderson et al., 2023).

Le profil sensoriel constitue aujourd'hui la référence principale pour l'évaluation de l'aspect sensoriel (cf. section I.3.B). La popularité de cet outil peut s'expliquer pour deux raisons : d'un côté, en pratique clinique, où il sert de support à l'entretien et fonctionne comme outil de mesure simple et écologique ; de l'autre, sur le plan de la recherche, il permet un dépistage rapide et facilement administrable de ces manifestations.

Sur la base des données empiriques de validation de son questionnaire, Dunn a proposé une première présentation de son modèle basé sur une approche comportementale (Dunn, 1997b). Elle a suggéré que les « facteurs de neurosciences » pouvaient apporter un éclairage sur les mécanismes qui sous-tendent les comportements. Le modèle de travail final représente un quadrant composé de deux axes : les seuils de réponse neurologiques et comportementaux (Dunn, 2007) (Figure 15). Quatre seuils extrêmes, appelés schémas de traitement sensoriel, ont été définis sur la base de l'analyse des facteurs issus du questionnaire *Sensory Profile* et corroborés par la classification du groupe de travail du *National Center for Clinical Infant Programs* (NCCIP Task Force Classification, DC:0-3R , 1994). L'axe vertical comporte les seuils neurologiques. Un individu se situant sur l'axe SEUIL ELEVE aura besoin d'un niveau élevé de stimulation sensorielle avant que la sensation ne soit perçue. En contraste, un individu se situant sur l'axe SEUIL BAS sera sensible à un niveau faible de stimulation pour réagir à la stimulation. L'axe horizontal représente les stratégies d'autorégulation ou réponse comportementales. Dans le cas où l'individu se situe sur le quadrant EN ACCORD cela signifie qu'il ne manifestera pas de comportement actif pour moduler l'afflux de stimulation. En revanche, sur le quadrant CONTRER, l'individu effectuera une action pour ajuster son

expérience sensorielle (p. ex., se mettre les mains sur les oreilles, s'éloigner de la source d'inconfort, se balancer…).

Figure 15
Quatre quadrants du modèle du traitement sensoriel de Dunn

Continuum de seuils neurologiques	Continuum des réponses comportementales	
	Agir EN ACCORD avec le seuil	Agir pour CONTRER le seuil
SEUIL ELEVE (habituation)	**Hyposensibilité sensorielle**	**Recherche de sensations**
SEUIL BAS (sensibilisation)	**Hypersensibilité sensorielle**	**Évitement des sensations**

Note. Traduit et adapté librement de l'anglais, source (Dunn, 2007).

Le concept de neuroscience proposé pour soutenir ce modèle est celui du processus de modulation des entrées sensorielles tel que décrit par Kandel et al. (1993) dans leurs travaux sur l'Aplysie. Notamment, les chercheurs ont identifié par des études expérimentales les processus d'habituation et de sensibilisation au niveau cellulaire qui sous-tendent l'intégration des informations sensorielles.

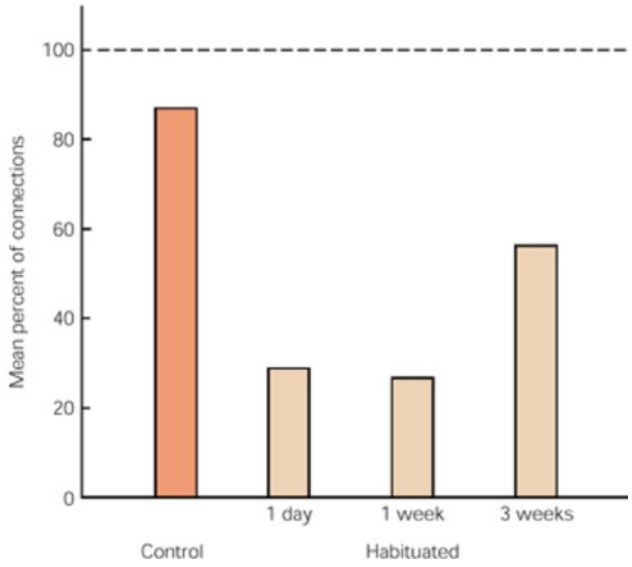
- Le processus d'habituation correspond au phénomène d'apprentissage face à un nouveau stimulus dans lequel le stimulus peut être ignoré après plusieurs expositions répétées. La figure 16 illustre les résultats obtenus par Kandel lors de l'expérience sur les effets à long terme de l'habituation sur les réflexes chez l'Aplysie. On remarque une diminution significative de la connexion synaptique après un entraînement d'habituation prolongé. La proportion de connexions fonctionnelles baisse de 90 % à 30 % suite à l'entraînement et cette diminution demeure significative pendant au moins une semaine, ne rétablissant pas son niveau initial avant trois semaines. Ces résultats illustrent l'impact de l'habituation sur la mémoire à long terme sur un modèle cellulaire.
- De l'autre côté, le processus de sensibilisation concerne plutôt une réaction de renforcement face à une stimulation. Cela se manifeste en particulier dans les cas d'exposition à des stimuli nocifs afin de favoriser une réponse de retrait ou de fuite.

Ainsi, Dunn propose dans son modèle que ces deux processus agissent sur les manifestations observées dans les quatre axes du quadrant (Dunn, 1997a, 2001, 2007). Cela

peut se traduire soit par une habituation excessive (c.-à-d., ne pas prêter attention à des stimuli qui pourraient être importants), soit par une sensibilisation excessive (c.-à-d., réagir fortement à des stimuli faibles ou répétés).

Figure 16

Inactivation de la connexion synaptique par habituation à long terme



Note. Source (Kandel, 1993). L'axe vertical représente le pourcentage moyen de connexions synaptiques et l'axe horizontal présente les différentes conditions expérimentales avec un groupe contrôle et un groupe habitué à plusieurs jours d'intervalle (un jour, une semaine, trois semaines).

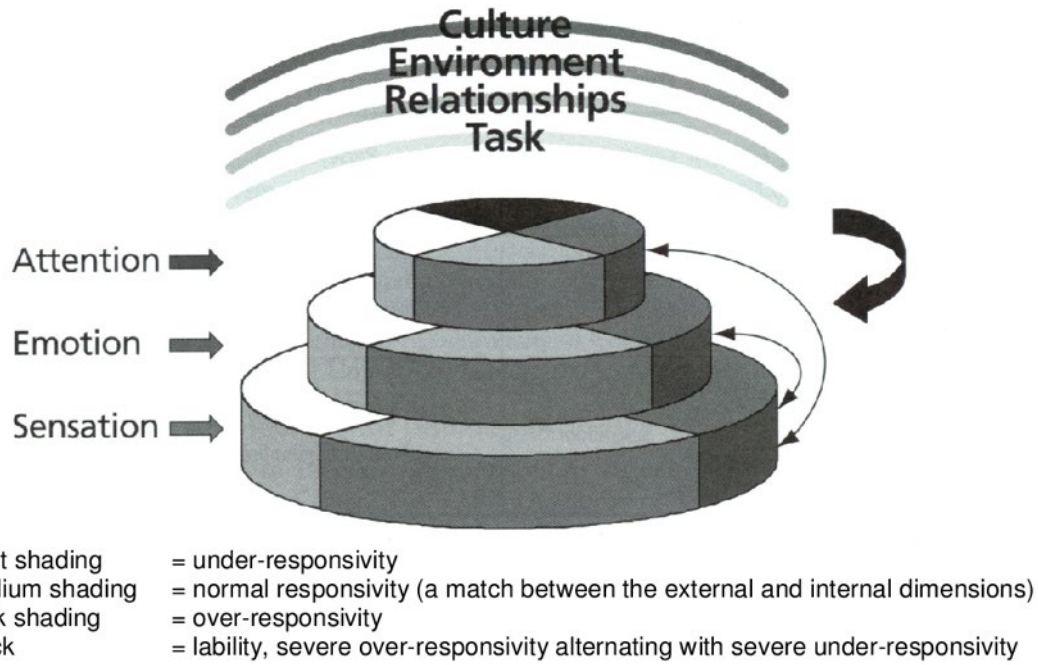
III.1.C. Modèle écologique de la modulation sensorielle

Lucy Jane Miller, formée et mentorée par Jean Ayres, a élaboré un troisième modèle, bien que moins connu en dehors des États-Unis. Elle et ses collègues ont largement contribué à la formalisation des troubles du traitement sensoriel (ou SMD, *Sensory Modulation Disorder*) en tant que condition distincte. En 2001, Miller et al. ont proposé « *the Ecological Model of Sensory Modulation* » (EMSM), qui se distingue des modèles précédents par sa conceptualisation des facteurs contextuels en relation avec les symptômes de l'individu. Ce modèle identifie quatre dimensions externes (culture, environnement, relationnel et activité) ainsi que trois dimensions internes (sensation, émotion et attention) (Figure 17). Selon l'EMSM, les facteurs contextuels externes interagissent avec les caractéristiques propres à l'individu, conduisant à l'apparition du SMD. Les comportements inadaptés seraient la

conséquence d'un déséquilibre entre les demandes provenant des dimensions externes et les capacités internes de l'individu.

Figure 17

Modèle écologique de la modulation sensorielle (EMSM)



Note. Source (Miller et al., 2001). Les quatre dimensions externes – culture, environnement, relations, activité – représentent les facteurs extérieurs qui influencent la modulation sensorielle de l'individu. Les trois dimensions internes, représentées par trois disques empilés, correspondent aux sensations, aux émotions et à l'attention. Les dimensions internes interagissent avec chacune des dimensions externes. Les quatre teintes (blanc, gris, gris foncé, noir) correspondent aux différents niveaux de réactivité sensorielle (sous-réactivité, réactivité normale, surréactivité, labilité).

Du point de vue théorique, l'EMSM trouve ses racines dans deux modèles antérieurs : (1) celui de Royeen et Lane (1991), qui conceptualise les SMD comme un continuum allant de l'hyperréactivité à l'hyporéactivité, et (2) le modèle proposé par Dunn (cf. III.1.B). Les manifestations sensorielles sont catégorisées selon trois sous-types (Miller et al., 2007) :

- *sensory overresponsivity* (SOR) ;
- *sensory underresponsivity* (SUR) ;
- *sensory seeking/craving* (SS).

Afin de valider ce modèle, un protocole pilote nommé *Sensory Challenge Protocol* a été appliqué auprès de plusieurs groupes cliniques incluant des enfants au développement typique, des enfants atteints du syndrome de l'X fragile, des enfants autistes, des enfants atteints de trouble de l'attention, ainsi que des enfants avec des symptômes de SMD. Ce protocole combine à la fois des mesures comportementales (questionnaires) et physiologiques (réactivité électrodermale).

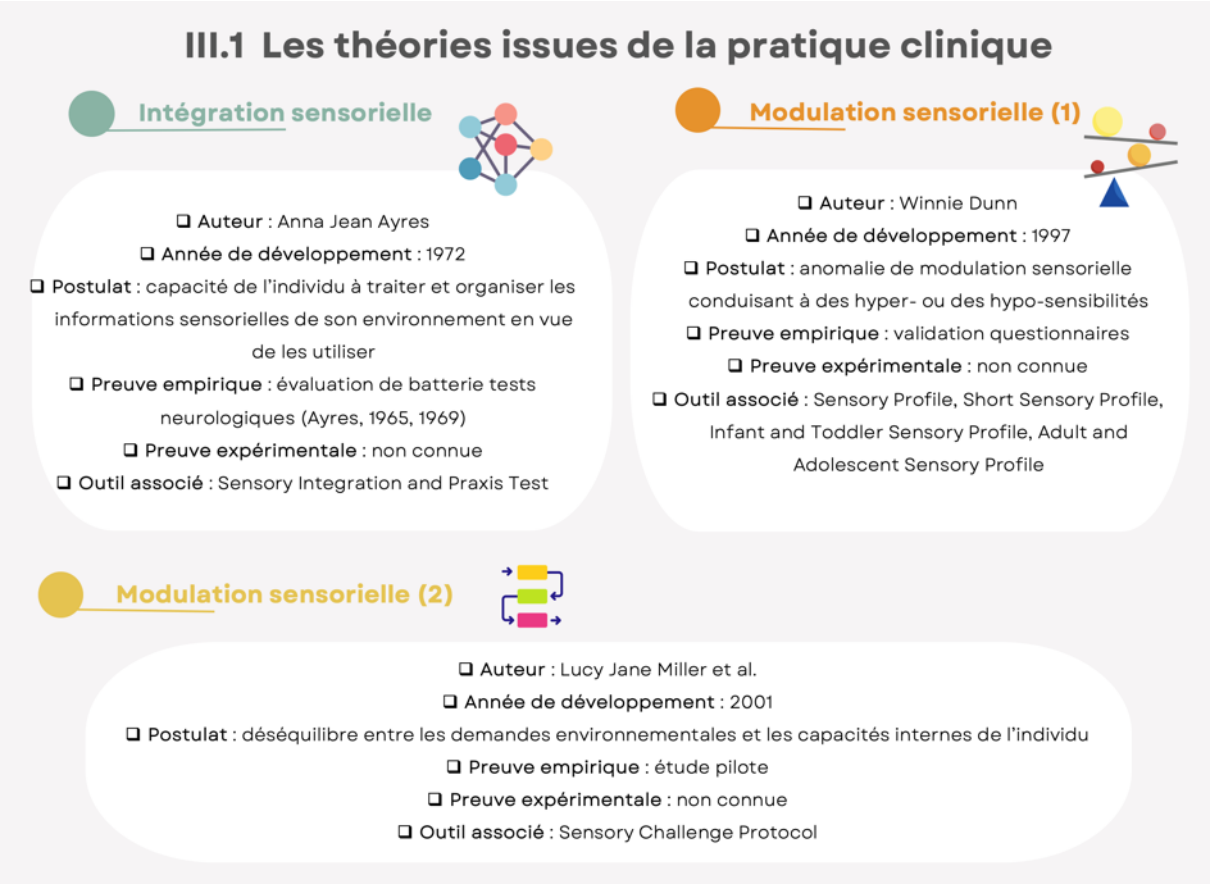
En ce qui concerne les dimensions internes, les résultats de cette étude ont révélé une tendance à l'hyperréactivité sensorielle chez les enfants autistes spécifiquement pour la dimension des sensations. Cependant, la petite taille de l'échantillon, limité à huit enfants, invite à la prudence quant à la généralisation des résultats.

Conclusions sur les théories issues de la recherche clinique

Ces trois théories cliniques ont l'avantage de permettre des applications concrètes dans les évaluations et les prises en charge (Figure 18). Toutefois, elles n'ont pas été initialement développées sur la base d'une population autiste et n'avaient donc pas vocation à articuler les symptômes sensoriels à la symptomatologie globale de cette condition. Concernant la théorie de Dunn, des travaux mettent en évidence les limitations sur le plan théorique et psychométrique (Gunderson et al., 2023; Ismael et al., 2018). Pour Ayres, les travaux récents soulignent les incohérences entre les connaissances actuelles en neurosciences et les propositions initiales faites par l'auteur (Kilroy et al., 2019; Smith et al., 2015). Les travaux de Miller et ses collègues, dont le fondement théorique est lié aux deux théories précédentes, apparaissent largement axés sur la compréhension des troubles de la modulation sensorielle comme une entité indépendante, plutôt que comme une composante de l'autisme. La section suivante portera attention aux théories issues de la recherche fondamentale qui ont exploré les processus sous-jacents à la perception sensorielle dans l'autisme.

Figure 18

Synthèse de la partie III.1



III.2. Les théories issues de la recherche fondamentale

La compréhension des mécanismes sous-jacents s'avère indispensable pour caractériser l'étiologie des différences sensorielles dans l'autisme. Parmi les travaux sur ce sujet, trois théories fondamentales se distinguent, offrant des perspectives complémentaires sur les mécanismes neurophysiologiques qui pourraient expliquer les variations de perception et de réactivité sensorielle chez les personnes autistes. Cette section présente ces trois théories et leur contribution au domaine.

III.2.A. Approche neurobiologique

Théorie du déséquilibre des signaux

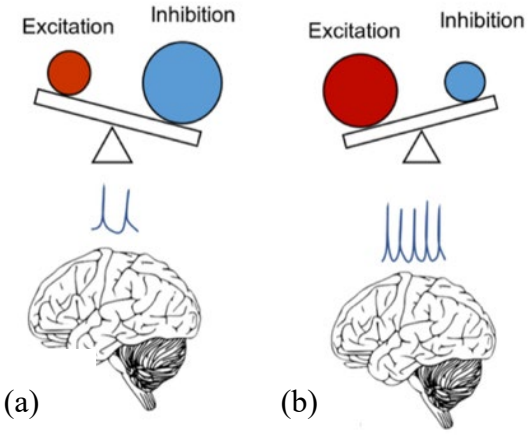
The signaling imbalance theory propose que les personnes autistes présenteraient une activité cérébrale caractérisée par une « hyperexcitabilité » déséquilibrée par rapport aux signaux inhibiteurs (Cummins, 1991; Kilroy et al., 2019; Rubenstein & Merzenich, 2003; Smith et al., 2015; Watling & Hauer, 2015). En particulier, il existerait une augmentation du déséquilibre entre l'excitation et l'inhibition des principaux neurotransmetteurs dans le système nerveux (SN), y compris les systèmes sensoriel, mnésique, émotionnel, social et entérique. Le glutamate est le principal neurotransmetteur excitateur du cerveau, mais il est également actif dans l'ensemble du SN. Il active les neurones et permet la transmission rapide des signaux nerveux. À l'inverse, le GABA (acide gamma-aminobutyrique) est le principal neurotransmetteur inhibiteur. Bien que son rôle soit d'envoyer un message d'inhibition qui réduit l'activité des neurones cibles, il s'agit néanmoins d'une activité neuronale active. Ce déséquilibre pourrait résulter soit d'une augmentation de la signalisation glutamatergique, soit d'une réduction de la signalisation GABAergique (Hussman, 2001). Comme illustré dans la figure 19, lorsque l'excitation est excessive par rapport à l'inhibition (à droite), cela peut entraîner une hyperactivité neuronale. D'un autre côté, lorsque l'inhibition est plus prononcée (à gauche), elle module l'excitation neuronale sans l'annuler totalement.

Notamment, les études menées à partir de modèles animaux de l'autisme ont pu mettre en lumière des différences de distribution du glutamate et du GABA dans les régions impliquées dans le traitement de l'information sensorielle et sociale, ainsi que des anomalies de signalisation du GABA (Phillips & Pozzo-Miller, 2015; Pizzarelli & Cherubini, 2011). Ces anomalies pourraient être attribuées à une production altérée de ces neurotransmetteurs ou à

des différences au niveau des récepteurs membranaires. Ces études suggèrent également un lien entre ces anomalies et un retard de myélinisation, qui pourrait affecter la transmission de ces signaux neuronaux. Néanmoins, les modèles animaux présentent des limitations dans l'interprétation de leurs résultats en raison des différences interespèces et de la simplification de troubles humains complexes (Jiao et al., 2024). En effet, reproduire l'ensemble des caractéristiques liées à l'autisme dans un modèle animal est difficile, et ne reflète souvent qu'un aspect du trouble.

Figure 19

Déséquilibre entre excitation et inhibition neuronale



Note. (a) représente une prédominance de l'inhibition neuronale avec une excitation réduite et (b) illustre une prédominance de l'excitation neuronale, accompagnée d'une inhibition réduite, mais toujours active.

Des recherches neurobiologiques post-mortem ont montré que les récepteurs GABA se retrouvent en faible quantité dans le tissu cérébral du néocortex des personnes autistes (Baroncelli et al., 2011; Fetit et al., 2021; Purcell et al., 2001). De même, les études en EEG ont montré une différence des oscillations gamma chez les personnes autistes, qui pourrait être un signe du déséquilibre excitation/inhibition (Brown et al., 2005; Grice et al., 2001). Les oscillations gamma sont des rythmes cérébraux (mesurés en Hertz) essentiels pour la synchronisation de l'activité neuronale. Elles dépendent également de l'équilibre entre les signaux excitateur et inhibiteur.

En accord avec ces résultats, les études en IRMf et spectroscopie ont également identifié des différences de connectivité fonctionnelle chez les personnes autistes, soulignant des niveaux réduits de GABA et une augmentation des concentrations de glutamate (Port et al., 2019; Siegel-Ramsay et al., 2021). Ces résultats suggèrent que les altérations métaboliques observées dans l'autisme pourraient contribuer à des difficultés dans l'intégration des informations et la modulation des réponses aux stimuli. Des travaux ont également exploré les aspects génétiques, identifiant des mutations génétiques associées aux récepteurs GABA dans l'autisme, notamment dans les gènes *FMR1*, *MeCP2*, *CNTANP*, *Neuroligin*, *SHANK* et *EN2* (Herbert et al., 2003; Qiu et al., 2012; Zhao et al., 2021).

Parmi les perspectives d'intervention que soulève cette théorie, des approches pharmacologiques visant à moduler la signalisation des neurotransmetteurs, en particulier du glutamate et du GABA, pourraient être envisagées pour rétablir l'équilibre neuronal (Rubenstein & Merzenich, 2003; Zhao et al., 2021). Certains médicaments existent déjà, notamment les benzodiazépines pour réguler le GABA, mais leur large spectre d'action ne permet pas une intervention sur les réseaux neuronaux locaux. Des interventions sensorielles pourraient également viser à atténuer les réponses sensorielles exacerbées associées à ce déséquilibre. L'exposition progressive de l'individu à des stimuli sensoriels contrôlés pourrait permettre d'induire une désensibilisation sensorielle. Ce type d'intervention, parfois utilisé dans les thérapies cognitives et comportementales ou les approches d'intégration sensorielle (cf. section III.1.A), repose sur le principe de l'habituation : l'exposition répétée à un stimulus conduit à une diminution progressive de la réponse. Dans le cadre de l'autisme, cette désensibilisation pourrait cibler des systèmes sensoriels spécifiques. Néanmoins, les interventions sur la base de ce modèle en sont encore à un stade préliminaire (Canitano & Palumbi, 2021; Uzunova et al., 2016).

Théorie du monde intense

En 2010, Markram et Markram ont proposé une théorie unifiée de l'autisme : *The Intense World Theory*. Selon eux, l'hétérogénéité observée dans les formes d'autisme serait due à une atteinte épigénétique qui se déroule lors d'une fenêtre temporelle de l'embryogenèse, dont la période la plus vulnérable se situe autour du premier semestre (Arndt et al., 2005). À l'appui d'expérimentations effectuées avec le modèle d'autisme chez le rat à l'acide valproïque (VPA), Markram et ses collègues ont élaboré une théorie d'hyperconnectivité prenant en compte différentes composantes cognitives élémentaires : la perception, l'attention, la mémoire et les

émotions (Markram, 2007; Markram et al., 2008; Markram & Markram, 2010; Rinaldi et al., 2008). Selon eux, le cœur de la pathologie serait dû à « un excès de traitement et de stockage de l'information neuronale dans les circuits locaux du cerveau » entraînant un hyperfonctionnement de certaines régions cérébrales.

Concernant le néocortex, les auteurs ont identifié trois caractéristiques de la réponse neuronale :

(1) Hyperréactivité des microcircuits, avec une réponse près de deux fois supérieure à la norme. Cela pourrait se traduire par une hypersensibilité sensorielle fréquemment observée chez les personnes autistes. Les chercheurs ont également observé une hypoexcitabilité des neurones, interprétée comme une possible compensation de l'hyperréactivité.
(2) Hyperconnectivité avec une augmentation de plus de 50% des connexions entre les neurones pyramidaux (Rinaldi et al., 2008). Cette augmentation excessive des connexions pourrait désorganiser le traitement de l'information et affecter la coordination entre différentes régions cérébrales. Ce traitement déséquilibré conduit à un traitement cognitif inégal, avec certaines informations traitées de manière excessive au détriment d'autres.
(3) Hyperplasticité post-synaptique renforcée dans les microcircuits, suggérant une capacité accrue à modifier les connexions neuronales en réponse aux stimuli. Cette hyperplasticité, bien que bénéfique pour l'apprentissage, pourrait aussi entraîner une réponse exagérée aux stimuli.

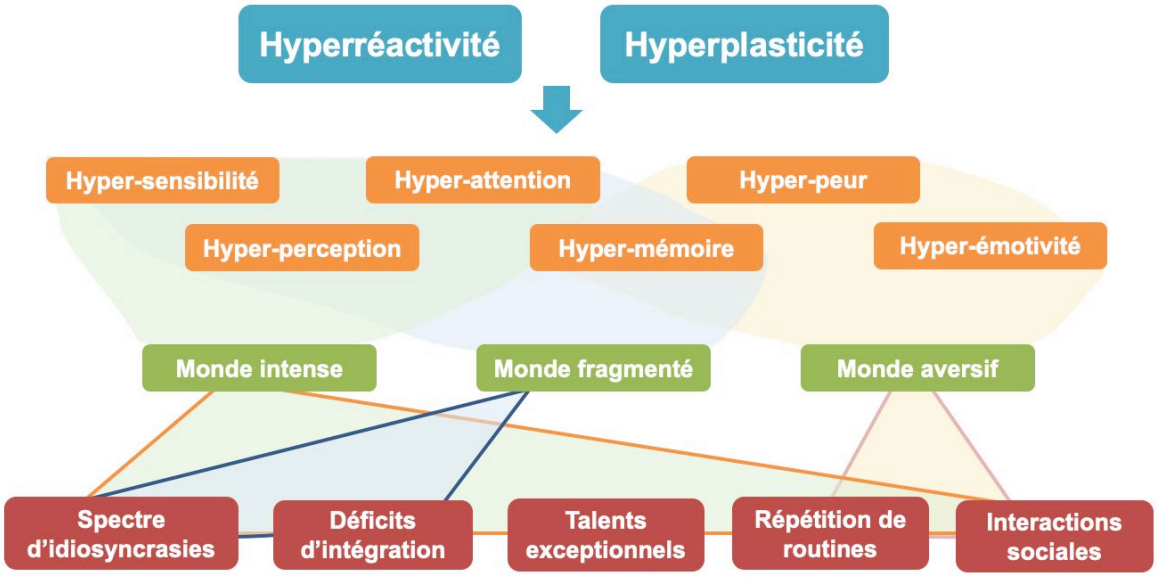
Concernant l'amygdale :

(4) Hyperréactivité du microcircuit latéral de l'amygdale, que les auteurs relient à l'amplification des souvenirs de peur ainsi qu'à une plus forte généralisation à d'autres configurations de stimulus. Ce mécanisme pourrait expliquer pourquoi certaines personnes autistes montrent une tendance à généraliser des réponses de peur à des stimuli légèrement similaires, entraînant des réactions anxieuses dans des situations non menaçantes.
(5) Hyperplasticité également observée dans l'amygdale, ce qui pourrait renforcer des réponses émotionnelles amplifiées.

Leur conceptualisation propose que l'ensemble de ces anomalies serait responsable des symptômes observés dans le tableau clinique de l'autisme (Figure 20).

Figure 20

Les circuits hyperfonctionnels dans l'autisme



Note. Figure librement traduit et adapté de Markram et Markram (2010).

L'hyperréactivité et l'hyperplasticité entraîneraient une perception exagérée de l'environnement, comme en témoigne une sensibilité accrue à certains stimuli. Par exemple, des bruits quotidiens, tels que les sirènes ou même le bruit d'un sèche-mains peuvent être perçus comme particulièrement envahissants, provoquant des comportements d'évitement. Cette amplification sensorielle serait également à l'origine des routines, telles que le besoin de suivre un itinéraire précis ou d'accomplir des tâches dans un ordre spécifique. De même, le traitement des indices sociaux pourrait être si intense qu'il en résulterait une information trop complexe et envahissante à traiter. Les expressions faciales, les gestes ou le ton de la voix peuvent alors apparaître trop complexes, augmentant les difficultés à maintenir des interactions sociales fluides.

Cependant, il est important de noter que cette approche présente une limite dans sa généralisation, car elle se base à ce jour uniquement sur les données recueillies à partir d'un modèle animal.

III.2.B. Approche computationnelle

La théorie du cerveau bayésien

La théorie du cerveau bayésien propose que notre expérience perceptive se construit sur la base des informations sensorielles perçues et de notre connaissance préalable sur le monde (Gregory, 1968, 1980; von Helmholz, 1866). Ce modèle s'appuie sur l'inférence bayésienne, un processus par lequel le cerveau ajuste constamment ses hypothèses concernant l'environnement en fonction des nouvelles informations résultant des entrées sensorielles. L'inférence bayésienne permet au cerveau de mettre à jour ses représentations internes et de générer des prédictions probabilistes, optimisant ainsi l'adaptation à un environnement en perpétuel changement. Le traitement de l'information par le cerveau se déroule donc comme un calcul continu des probabilités d'évènements futurs à partir de données passées et présentes.

En 2012, Pellicano et Burr ont proposé d'appliquer les modèles bayésiens à l'autisme. Leur postulat est que les personnes autistes verraient le monde avec plus de précision car elles seraient moins influencées par les expériences antérieures, correspondant à *the imbalance hypothesis*. En d'autres termes, le cerveau autiste serait moins interprétatif et plus littéral, traitant les informations de manière directe plutôt que de s'appuyer sur des attentes basées sur l'expérience passée. Cette hypothèse, qui s'appuie sur les concepts de statistiques bayésiennes, propose que les croyances préalables sur le monde correspondent à des *priors.* Chez les personnes autistes, les *priors* présenteraient des atypies résultants sur des *priors* atténués dits *hypo-priors,* qui entraîneraient une diminution de l'influence des expériences passées sur la perception. Les auteurs proposent trois prédictions concernant ces *hypo-priors* :

(1) Entraînent une perception plus précise car la perception est moins modulée par les *priors* qui influencent habituellement la manière dont les informations sensorielles sont interprétées ;
(2) Peuvent entraver la performance dans des situations ambiguës, comme les illusions optiques, où les *priors* aident normalement à interpréter l'ambiguïté (Figure 21) ;
(3) Peuvent provoquer une surcharge d'informations sensorielles chez un individu en l'absence de *priors* capables de filtrer les stimuli excessifs.

Figure 21

Exemples d'illusions d'optique



Note. (A) Le triangle de Kanizsa, (B) L'illusion Hollow-Face, (C) La table de Shepard. Source (Pellicano & Burr, 2012).

Selon la théorie du cerveau bayésien, la perception est le résultat d'une intégration entre les informations sensorielles actuelles et les croyances préalables sur le monde. Cette relation peut être formalisée par le théorème complet de Bayes :

$$P(cause|entrée\ sensorielle) = \frac{P(entrée\ sensorielle|cause)P(cause)}{P(entrée\ sensorielle)}$$

- *P(cause | entrée sensorielle)* représente la probabilité à posteriori ou *posterior*, c'est-à-dire la probabilité qu'une cause soit vraie après avoir pris en compte l'information sensorielle reçue.
- *P(entrée sensorielle | cause)* représente la plausibilité de la perception sensorielle ou *likelihood*, c'est-à-dire la probabilité d'observer une certaine entrée sensorielle si une cause spécifique est vraie ;
- *P(cause)* correspond à la probabilité à priori ou le *prior*, c'est-à-dire la probabilité initiale que la cause soit vraie avant de recevoir de nouvelles informations ;
- *P(entrée sensorielle)* est une constante de normalisation qui assure que la somme des probabilités reste égale à 1.

En 2023, une revue exhaustive a été conduite pour examiner les études menées au cours de ces dix dernières années avec la théorie du cerveau bayésien dans l'autisme (Angeletos Chrysaitis & Seriès, 2023). Les auteurs ont classé les études en trois catégories. La première catégorie qui concerne l'évaluation des *priors* pré-existants montre des résultats mixtes. Comme piste d'explication, les auteurs proposent que les stimuli présentés ne permettent pas

de déclencher chez les participants le traitement que l'on observerait dans une condition où ils sont surchargés par leur environnement. D'autre part, il est proposé que le modèle bayésien pourrait ne pas s'appliquer de la même manière selon le symptôme (p. ex., impliquant un processus de bas niveau ou de haut niveau). La deuxième catégorie concerne les *priors* appris, où le sujet apprend le *priors* lors de l'expérience. De même, les résultats s'avèrent trop disparates pour pouvoir trancher. Des résultats similaires ont été observés dans les études de la troisième catégorie, qui portaient sur l'adaptation sensorielle. Ce phénomène, où la répétition d'un stimulus modifie la perception des stimuli suivants, a produit des résultats contrastés. Certaines études n'ont pas montré de différences significatives dans l'adaptation visuelle entre les participants du groupe contrôle et ceux autistes, tandis que d'autres ont révélé une adaptation plus faible chez les participants autistes.

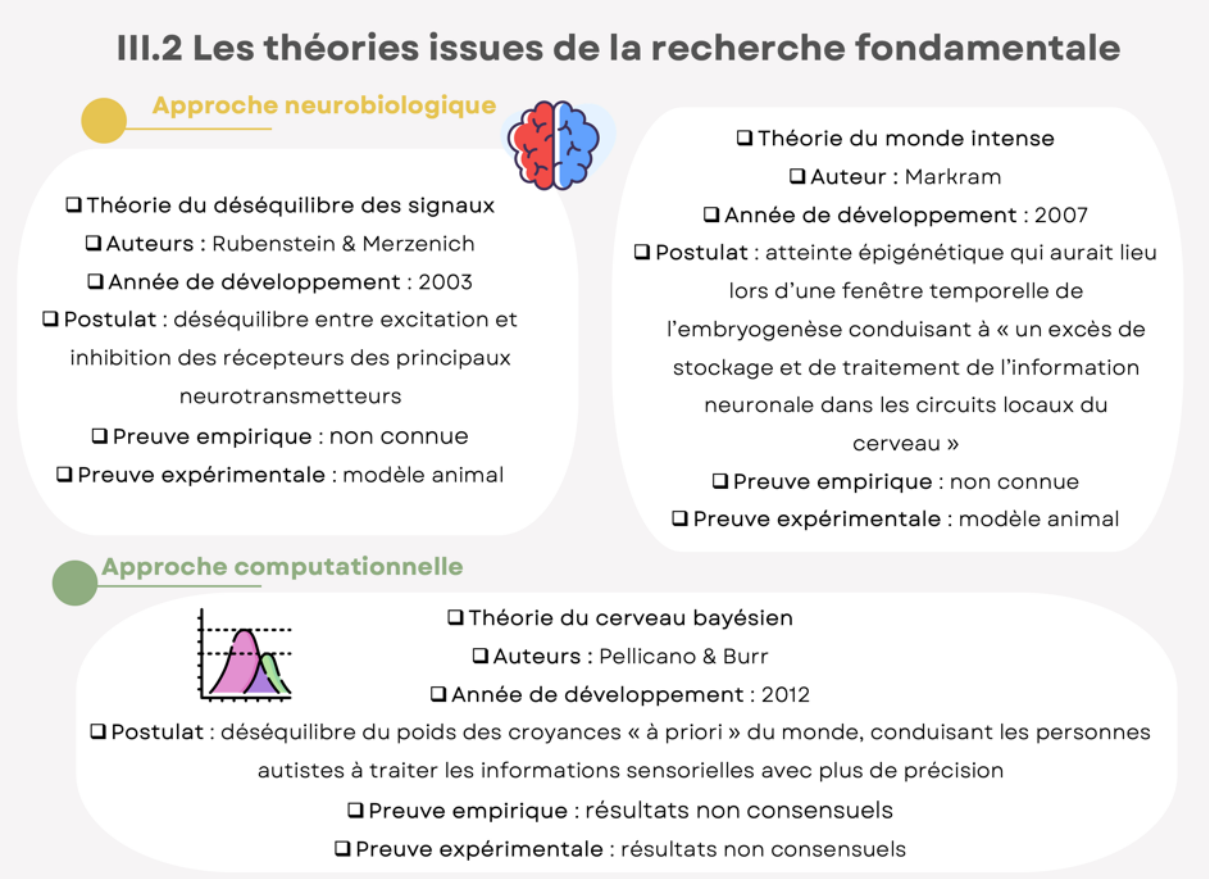
En conclusion, les auteurs soulignent que les données issues de cette synthèse ne permettent pas, à ce jour, de conclure sur la validité de *the imbalance hypothesis* dans l'autisme. Ils suggèrent des pistes pour améliorer la comparabilité des études sur ce sujet, notamment une meilleure définition des mesures, une vérification de la fiabilité des modèles et une augmentation de la taille des échantillons.

Conclusion sur les théories issues de la recherche fondamentale

L'analyse de ces trois théories fondamentales sur la perception sensorielle dans l'autisme permet d'explorer des mécanismes complémentaires (Figure 22). La théorie du déséquilibre des signaux met en avant un dérèglement neurobiologique entre excitation et inhibition, tandis que celle du monde intense se concentre sur l'hyperconnectivité et l'hyperplasticité neuronale. Le modèle bayésien, quant à lui, propose une altération des *priors*. Bien que chaque théorie offre des perspectives uniques, elles convergent toutes vers l'idée que les différences dans le traitement sensoriel jouent un rôle central dans l'autisme. Une meilleure compréhension de ces mécanismes pourrait orienter des approches cliniques, qu'elles soient pharmacologiques, comportementales ou cognitives.

Figure 22

Synthèse partie III.2



Conclusion sur les modèles théoriques

Les travaux des cliniciens et des chercheurs offrent un éclairage important sur la manière dont s'opère la perception sensorielle chez les personnes autistes. Du côté clinique, le recensement des comportements des individus permet d'identifier des tableaux cliniques, qui aident sur le terrain à mieux diagnostiquer et prendre en charge les personnes autistes. Dans le domaine de la recherche fondamentale, les modélisations promeuvent une meilleure compréhension des processus sous-jacents qui permettront d'aboutir à terme à une théorie unifiée de l'autisme.

Cependant, on constate que ce soit du côté de la clinique ou de la recherche des limites concernant l'articulation de ces théories. En effet, le rôle de chaque niveau taxonomique apparait indépendant (cf. Tableau 4), ce qui ne permet pas d'obtenir une vue d'ensemble des différences de traitement sensoriel. Dans cette perspective, les théories pourraient bénéficier de validation, notamment par la vérification de marqueurs physiologiques ou biomarqueurs associés. Les connaissances actuelles sur les biomarqueurs de l'autisme seront détaillées dans la section suivante.

IV. Biomarqueurs fonctionnels dans l'autisme

Un biomarqueur est une caractéristique mesurable qui peut être utilisée dans la reconnaissance de certaines pathologies. Dans l'autisme, il a été démontré dans les sections précédentes (cf. section I.3) que divers biomarqueurs sont associés à cette condition. Cependant, en raison des résultats contrastés dans la littérature scientifique, et d'un manque de reconnaissance pour certains, leur utilisation reste limitée dans le cadre des examens cliniques. D'un autre côté, les biomarqueurs fonctionnels représentent une sous-catégorie de biomarqueurs permettant d'évaluer la réponse physiologique de l'organisme face à des stimuli (rythme cardiaque, réactivité électrodermale, capacité musculaire, température corporelle, etc.). Ils présentent l'intérêt d'être dynamique et donc de fournir l'évolution de la réponse de l'individu dans le temps contrairement aux marqueurs biologiques qui sont plutôt des indicateurs statiques (c.-à-d. qui restent relativement stables dans le temps comme la mutation du gène *FMR1* dans le syndrome de l'X fragile).

Le système nerveux autonome (SNA) influence les réponses physiologiques associées à ces biomarqueurs fonctionnels. Il se divise en deux branches, système nerveux sympathique (SNS) et système nerveux parasympathique (SNP). Le SNS est responsable de la réponse dite « de combat ou de fuite » connue aussi sous le nom de la réponse *fight or flight*. Son activation peut entraîner une réponse physiologique telle qu'une augmentation du rythme cardiaque ou l'augmentation de la transpiration face à un stimulus stressant. Il est associé à l'activité de deux neurotransmetteurs, l'adrénaline et la noradrénaline. À l'inverse, le SNP favorise la récupération après l'exposition à un stimulus stressant et est associé au neurotransmetteur acétylcholine.

Dans cette section, les principaux biomarqueurs fonctionnels ainsi que leur fiabilité reconnue dans le diagnostic de l'autisme seront passés en revue.

IV.1. Rythme cardiaque

La mesure de la fréquence cardiaque (FC) correspond au nombre de battements du cœur sur un temps donné (exprimée en battements par minute ou *bpm*). Une seconde mesure, la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC), permet de détecter les fluctuations de temps entre chaque battement cardiaque. Dans le cadre d'expérimentations, la FC et la VFC sont des mesures objectives pour évaluer la réponse de participants lors du traitement de stimuli, et constituent des indicateurs de modification des processus sous-jacents. Au repos, la FC et la VFC sont considérées comme le reflet de l'activité parasympathique de l'individu. Selon la théorie de Thayer et Lane (2000) sur le modèle de l'intégration neuroviscérale, la VFC serait un indice de la flexibilité et de l'adaptation de l'organisme face à l'environnement. Ainsi une VFC plus élevée pourrait être associée à des réponses comportementales plus adaptées à l'environnement.

Plusieurs études ont montré une réduction de ces deux biomarqueurs chez les personnes autistes par rapport à la population générale, notamment chez les enfants et adolescents avec des résultats homogènes dans leurs conclusions (p. ex., Bazelmans et al., 2019; Cheng et al., 2020). Cet effet est également retrouvé chez les adultes, bien que certaines études montrent des résultats non significatifs, par exemple lors de tâches impliquant des interactions sociales ou cognitives (Haigh et al., 2021; Smeekens et al., 2015). Toutefois, dans le cas de mesures à l'état de repos chez les adultes, une étude a montré une réduction de la VFC, qui reflèterait, selon les auteurs, une activité du système parasympathique plus faible (Thapa et al., 2019).

La réduction de la FC et de la VFC chez les personnes autistes pourrait être un indicateur d'un processus sous-jacent altéré du traitement de l'information dans leur environnement. En revanche, il est important de noter que cet indicateur est également relevé comme étant anormal dans d'autres pathologies telles que la schizophrénie (Haigh et al., 2021).

Par ailleurs, puisque des études ont démontré un risque accru de problèmes cardiovasculaires chez les personnes autistes par rapport à la population générale, les différences observées dans la VFC pourraient contribuer à ce facteur de risque. Cela met en évidence la nécessité de prendre en considération ces marqueurs dans la surveillance et la prise en charge (Haigh et al., 2021; Thapa et al., 2019).

IV.2. Réactivité électrodermale

La réactivité électrodermale (RED) est un indicateur utilisé entre autres pour identifier la réactivité émotionnelle d'un individu (Grapperon, Pignol & Vion-Dury, 2012). Elle permet de refléter l'intensité de la réponse émotionnelle face à des stimulations sensorielles ou des tâches cognitives en mesurant l'activité électrique de la peau (Bari et al., 2023; Critchley, 2002). Cette activité représente le fonctionnement des glandes sudoripares qui est un indicateur neurovégétatif de l'activité cérébrale sous-tendant différents états cognitifs. L'innervation autonome des glandes sudoripares par les neurones afférents de l'axe sympathique conduit à un changement mesurable de la conductance cutanée.

La RED est caractérisée par deux composantes principales : la réponse tonique (appelée SCL pour *skin conductance level*), et la réponse phasique (appelée SCR pour *skin conductance response*) (Boucsein, 2012; Dawson et al., 2007). La SCL correspond au niveau de base de la conductance cutanée, tandis que la SCR informe sur le niveau de conductance en réponse à des stimuli spécifiques. D'autres indicateurs, tels que l'amplitude des SCR et les pics, peuvent aussi être utilisés pour caractériser la RED. L'amplitude correspond à la différence entre le niveau de conductance au moment du pic et le niveau de base juste avant la réponse (Boucsein, 2012). Elle reflète l'intensité de la réaction du SNA face au stimulus. Les pics représentent la valeur maximale atteinte par la réactivité électrodermale après un stimulus.

La RED a été étudiée dans la recherche sur l'autisme afin d'examiner ses potentielles différences par rapport à la population générale. L'une des premières études sur le sujet, datant des années 1980, a indiqué une activité de la RED plus élevée chez les personnes autistes comparativement à la population générale (Palkovitz & Wiesenfeld, 1980). D'autres études ont exploré la relation entre la RED, la sévérité des symptômes et la réponse à des stimuli spécifiques, qu'ils soient sensoriels, cognitifs ou émotionnels. Concernant le traitement sensoriel, deux études utilisant le *Sensory Challenge Protocol* ont rapporté des résultats divergents concernant les différences de réactivité électrodermale entre les enfants autistes et les enfants au développement typique (McCormick et al., 2016; Schupak et al., 2016). Une étude chez l'adulte s'intéressant à la RED en réponse aux odeurs a montré une réponse réduite chez les personnes autistes par rapport à la population générale (Haigh et al., 2020).

Pour l'aspect cognitif, Kushki et al. (2013) ont identifié une réponse SCR accrue chez les personnes autistes lors d'une épreuve d'inhibition cognitive (la tâche du Stroop), tandis que

Fenning et al. (2017) ont observé une plus grande variabilité de la RED en relation avec l'intensité des symptômes d'autisme chez l'enfant.

Enfin, parmi les études qui se sont intéressées à l'aspect émotionnel en relation avec la RED, Panju et al. (2015) ont observé que les enfants autistes montrent une différence d'excitation sympathique, ce qui pourrait expliquer les niveaux élevés d'anxiété souvent observés dans cette population. Des résultats similaires ont été observés dans une autre étude explorant des interactions avec des adultes dans des situations conçues pour déclencher une réponse émotionnelle (Vernetti et al., 2020).

Dans l'ensemble, les résultats sur le RED sont variés (Shan et al., 2023), en raison de méthodologies non comparables et de l'utilisation d'indices physiologiques hétérogènes dans les analyses statistiques. Néanmoins, la RED semble indiquer des différences de signal chez les personnes autistes, même si ces différences restent difficiles à caractériser (Prince et al., 2017; Schupak et al., 2016). Elle est souvent mentionnée par les chercheurs comme une piste potentielle d'utilisation de biomarqueur pour le diagnostic (Alcañiz Raya et al., 2020; Eilam-Stock et al., 2014; Visnovcova et al., 2023).

IV.3. Réponse musculaire

La réponse musculaire est évaluée via l'électromyographie (EMG), qui est principalement l'indicateur de la capacité des muscles à répondre aux stimuli nerveux et permet de détecter d'éventuelles anomalies dans les nerfs qui transmettent les informations aux muscles (Korb & Delplanque, 2013). Cette réponse est déclenchée par la décharge de neurones moteurs (ou motoneurones), entraînant la contraction musculaire. L'EMG permet de mesurer des paramètres tels que l'amplitude, qui reflète la force générée par les fibres musculaires en millivolts (mV), la durée des potentiels d'action musculaire, ainsi que la fréquence des décharges électriques en Hertz (Hz). Deux méthodes de recueil sont possibles : soit par l'insertion d'une aiguille sous la peau, soit par l'utilisation d'électrodes placées à la surface de la peau. La seconde méthode est la plus utilisée en psychologie expérimentale, en raison de son caractère non invasif.

Dans le cadre des études sur l'autisme, l'utilisation de l'EMG s'est avérée pertinente pour détecter l'activité musculaire des personnes autistes lors de tâches motrices afin d'identifier la présence de différences dans le traitement de l'information. Notamment, une étude a mis en évidence un dysfonctionnement des neurones miroirs chez les personnes autistes par l'EMG, en mesurant la réponse musculaire lors de l'observation de séquences simples et lors du traitement des émotions faciales (Cattaneo et al., 2007; Schulte-Rüther et al., 2017). Une autre étude chez de jeunes enfants autistes, qui s'est intéressée à la réponse musculaire après un saut, a montré une modulation atypique des activations musculaires (c.-à-d. qu'ils préparent leurs muscles plus tôt ou plus tard par rapport à l'impact avec le sol; Rosales et al., 2018).

Malgré le nombre restreint d'études ayant recours à l'EMG dans l'autisme, un consensus semble se dégager sur une réponse atypique de ce biomarqueur chez cette population. Ainsi, l'EMG peut s'avérer utile pour identifier les réponses motrices atypiques, qui pourraient être le reflet d'un processus sous-jacent affectant l'action. De plus, cette mesure présente un intérêt pour le développement d'interventions spécifiques sur le plan moteur, qui peuvent parfois constituer une source importante de difficultés dans l'autonomie des personnes autistes.

Conclusion sur les biomarqueurs fonctionnels dans l'autisme

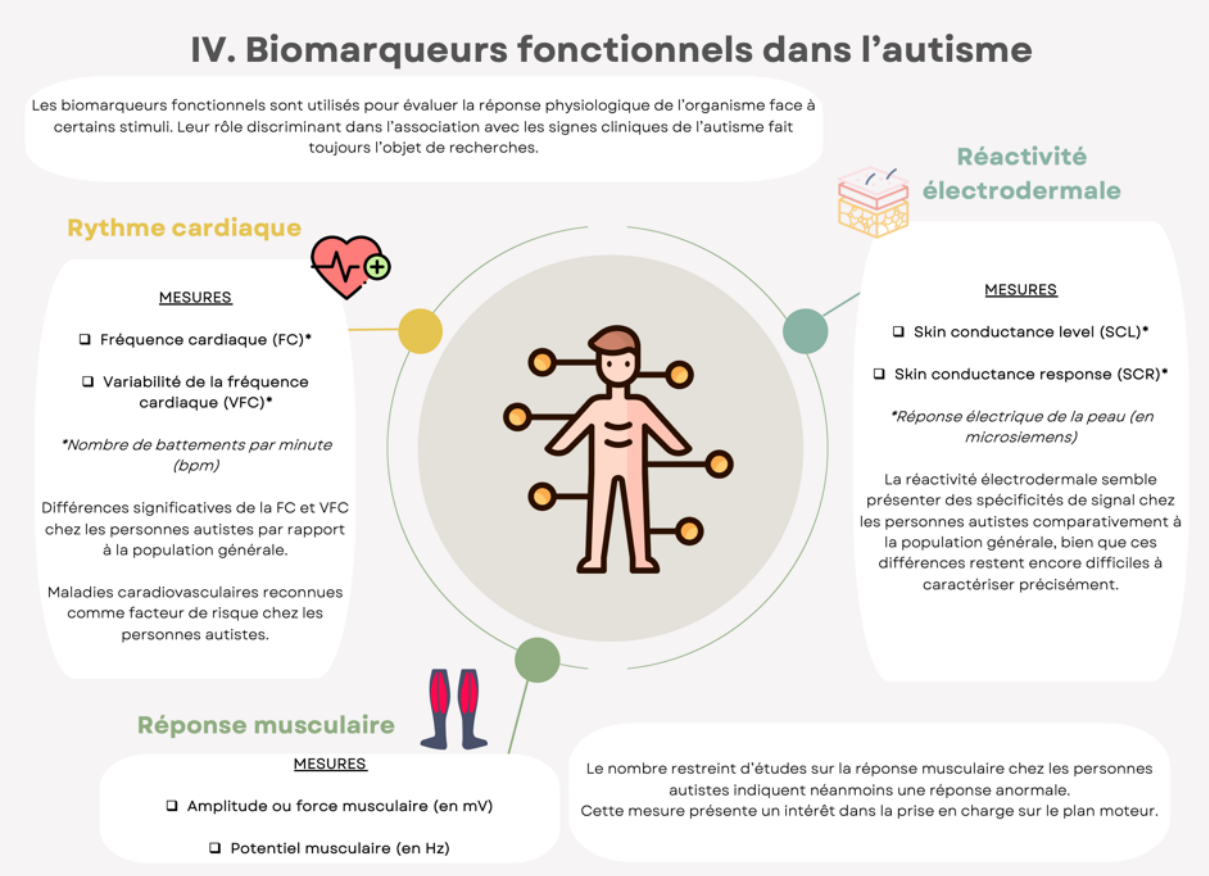
Les biomarqueurs fonctionnels apparaissent comme des mesures prometteuses pour caractériser dans l'autisme les différences de réponses de l'organisme lors du traitement de stimuli, ainsi que pour évaluer la régulation autonome au repos. Le rythme cardiaque, la réactivité électrodermale et la réponse musculaire sont trois indicateurs qui ont fait l'objet d'études dans le cadre de l'autisme et qui ont montré des différences significatives des réponses de l'organisme par rapport à la population générale (Figure 23).

Il convient de préciser que cette revue des biomarqueurs fonctionnels est non exhaustive et que d'autres biomarqueurs, tels que la température corporelle, les saccades oculaires, la réponse pupillaire ou encore la pression artérielle, n'ont pas été détaillés ici. Nous avons fait le choix de nous concentrer sur les biomarqueurs les plus pertinents par rapport à notre objectif de recherche.

La disparité des résultats obtenus pourrait s'expliquer par l'utilisation de méthodologies encore trop diversifiées. Ces biomarqueurs pourraient constituer un outil fiable pour détecter des signes cliniques discriminants de l'autisme, en particulier dans le domaine de la perception sensorielle, mais nécessitent des investigations supplémentaires. L'exploration approfondie de la réactivité électrodermale, qui présente un intérêt majeur dans l'analyse de la réponse sensorielle, sera l'un des objectifs principaux de cette thèse, tel que détaillé dans la partie problématique.

Figure 23

Synthèse partie IV



V. Problématique

Près de 1 % de la population mondiale serait concernée par l'autisme (Zeidan et al., 2022). Ce trouble pose de nombreux défis, tant pour les personnes concernées que pour leur famille (Bagby et al., 2012; Dickie et al., 2009; Kirby et al., 2015). Face à ce constat, le gouvernement français s'est engagé, depuis 2005, à améliorer la prise en charge, la qualité de vie des personnes et le soutien à la recherche, à travers l'adoption de cinq plans autisme successifs (cf. section I.2.B).

En 2013, les différences sensorielles ont été intégrées parmi les critères diagnostiques de l'autisme (American Psychiatric Association, 2013). À partir de cette date, au-delà de l'engagement du gouvernement français, une intensification des recherches concernant ces différences a été observée (cf. Figure 8, section II). Le fruit de ces recherches devrait améliorer la qualité de vie d'un nombre important de personnes autistes dans la mesure où, selon les estimations, entre 30 % et 100 % d'entre elles présentent des différences sensorielles par rapport à la population générale (Degenne-Richard, 2014; voir section II.1.C). Ces différences sont particulièrement marquées durant l'enfance et l'adolescence (cf. section II.2.B), période d'âge au centre de notre travail de thèse.

Le DSM-5 distingue trois signes cliniques relatifs aux différences de perception : l'hyperréactivité sensorielle, l'hyporéactivité sensorielle et les intérêts sensoriels inhabituels (critère B.4) (voir section II.1.B). Cependant, la caractérisation de ces signes reste débattue, en raison : (1) d'une absence de consensus théorique, et (2) de l'hétérogénéité des méthodes d'évaluation, ces deux restrictions restant intimement liés.

(1) Absence de consensus théorique :

- Les théories issues de la psychologie clinique ont offert une compréhension des expériences individuelles des personnes autistes (Ayres, 1972; Dunn, 1997b, 2007; Miller et al., 2001). Elles ont par ailleurs servi de base pour la construction d'outils d'évaluation et l'amélioration de la prise en charge des différences sensorielles. Toutefois, de par leur nature centrée sur le comportement, elles n'ont pas encore permis d'identifier clairement les processus sous-tendant ces différences sensorielles (Ismael et al., 2018; Kilroy et al., 2019; Smith et al., 2015). Le manque d'articulation entre les niveaux comportemental et biologique a conduit à la multiplication des modèles de références dans l'évaluation clinique.

- Les théories émanant de la recherche fondamentale ont contribué à intégrer la perception sensorielle dans une théorie unifiée de l'autisme (Markram, 2007; Pellicano & Burr, 2012; Rubenstein & Merzenich, 2003). Cependant, leur approche ne prend pas toujours en compte l'expérience subjective des personnes autistes, et la complexité des réponses sensorielles dans un contexte réel.

En bref, en raison de l'écart entre les conceptions issues de la psychologie clinique et celles issues de la psychologie scientifique, l'interprétation des comportements sensoriels peut être divergente. Sans modèle théorique unifié, l'interprétation des comportements sensoriels peut varier d'un professionnel à l'autre, ce qui peut compliquer le diagnostic et la prise en charge. Il est donc nécessaire de lier les observations comportementales à des théories dites fondamentales afin d'unifier la compréhension de ces différences sensorielles.

(2) L'hétérogénéité des méthodes d'évaluation :

La revue systématique des méthodes d'évaluation que nous avons réalisée a mis à jour l'existence d'un large éventail d'outils (Brouche et al., 2024).

- En contexte clinique, parmi les cinq méthodes identifiées, les questionnaires se sont avérés les plus fréquemment cités. Si cette méthode a l'avantage d'offrir une évaluation pratique et accessible aux cliniciens, les outils disponibles sont nombreux et reposent sur des notions théoriques diversifiées. De ce fait, les évaluations, en l'absence de procédure *gold standard*, souffrent donc d'un manque d'unité pour identifier les signes cliniques des différences sensorielles.
- Dans le contexte de la recherche, ce sont les tests psychophysiques qui se sont montrés les plus fréquemment utilisés. Si ceux-ci permettent une mesure objective des réponses sensorielles, ils restent nombreux et leur utilisation requiert un matériel coûteux et spécialisé, difficilement accessible aux cliniciens.

Ainsi, il apparait que l'absence de protocoles standardisés conduit à une grande variabilité dans les évaluations. Cette diversité complique le développement d'une approche unifiée de l'évaluation des différences sensorielles dans l'autisme, et ce qui peut nuire à la cohérence des interventions thérapeutiques.

En résumé, il est essentiel de rapprocher les dimensions scientifiques et cliniques pour mieux comprendre les différences sensorielles dans l'autisme. Un accord sur les méthodes

d'évaluation à travers le rapprochement entre chercheurs et cliniciens permettrait d'une part de développer des modèles plus robustes de traitement sensoriel, d'autre part, de fournir des recommandations aux cliniciens.

L'objectif de notre travail de thèse est d'explorer des pistes de marqueurs cliniques qui permettraient de caractériser la perception sensorielle des personnes autistes à un niveau comportemental (étude 1) et physiologique (étude 2).

Pour atteindre cet objectif, les deux études menées ont reposé sur des méthodologies contrastées : la première de nature qualitative via des entretiens collectifs, et la seconde, quantitative, incluant un protocole expérimental avec recueil de données électrodermales. Si la première s'est intéressée à des participants tout au long de la vie, la seconde a uniquement inclus une population d'enfants et d'adolescents âgés de 6 à 17 ans.

Étude 1

Une première partie de la thèse a été consacrée à l'identification des expériences sensorielles des personnes autistes, avec une approche qualitative. Contrairement à la littérature antérieure, nous avons interrogé des parents afin d'explorer une perspective complémentaire aux récits à la première personne (Dickie et al., 2009; Little et al., 2022; MacLennan et al., 2022, 2023; Pfeiffer et al., 2017; Schaaf et al., 2011; Strömberg et al., 2022). Les récits à la première personne sont essentiels pour comprendre les sensations internes et le vécu subjectif des personnes autistes. D'un autre côté, les parents, en tant qu'observateurs attentifs, peuvent apporter une perspective plus globale et décentrée des expériences sensorielles de leurs enfants. Leur perception permet ainsi d'obtenir une vision plus générale sur la manière dont ces manifestations sensorielles affectent la vie quotidienne.

Des études antérieures ont montré l'importance d'une approche holistique pour comprendre les expériences sensorielles, en tenant compte des dimensions physiques, émotionnelles, relationnelles et sociales (Sibeoni et al., 2022). Nous avons conservé cette approche globale, en l'enrichissant d'une méthodologie inductive, basée sur les observations parentales. Cette approche a permis de faire émerger des thèmes directement à partir des données, plutôt que de suivre un cadre théorique préexistant. Le recueil de données qualitatives a été effectué lors de groupes de discussion.

Étude 2

La seconde phase de notre travail a consisté à compléter l'approche qualitative par une démarche quantitative. Cette phase a eu pour objectif de recueillir des marqueurs objectifs et mesurables de la perception sensorielle. L'étude expérimentale intitulée « Intégration et Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme » (InTEnSeA) a visé à tester les différences de réactivité physiologique aux stimuli sensoriels chez les enfants et adolescents autistes à l'aide d'une mesure quantitative : la RED. Notre étude a pour originalité de proposer de vérifier la validité d'un indice objectif pour mesurer les différences sensorielles chez les personnes autistes. Dans ce contexte, quatre hypothèses ont été formulées :

1. **Différence de réactivité électrodermale entre enfants autistes et enfants au développement typique**

Plusieurs études ont exploré l'utilisation de biomarqueurs fonctionnels dans l'autisme (cf. section IV). En particulier, la RED souvent citée comme un outil prometteur pour caractériser la réponse physiologique lors du traitement de l'information sensorielle (Alcañiz Raya et al., 2020; Eilam-Stock et al., 2014; Visnovcova et al., 2023). En revanche, les résultats des études relativement récentes ont mené à des conclusions divergentes, avec des études qui ont décrit une RED plus élevée chez des personnes autistes et d'autres une RED plus faible (Shan et al., 2023; Prince et al., 2017; Schupak et al., 2016). Ces divergences peuvent s'expliquer par différents facteurs, tels que le protocole utilisé, la population étudiée ou encore le type d'analyse effectuée. Quelles que soient les différences méthodologiques, la majorité de ces études a abouti à la conclusion que la RED est différente entre les personnes autistes et les personnes au développement typique, même si, à l'heure actuelle, on ne sait pas expliquer l'origine de ces différences. En isolant chaque modalité sensorielle et en contrôlant précisément l'intensité et la fréquence des stimuli, il serait possible de mieux comprendre les schémas de la RED spécifiques aux personnes autistes.

- **Hypothèse 1** : *La RED des enfants du groupe autiste est significativement différente de celle du groupe contrôle lors de l'exposition à des stimuli unisensoriels et multisensoriels.*

2. Impact de l'accumulation de stimuli sensoriels sur la réactivité électrodermale des enfants autistes et enfants au développement typique

Le traitement successif de stimuli, notamment lors de l'effort mental, s'est avéré associé à une augmentation de la RED chez les personnes au développement typique (Romine et al., 2022). Ce phénomène est expliqué notamment par le maintien de l'éveil provoqué par des tâches nécessitant une attention soutenue (Dawson et al., 2007). Chez les personnes autistes, aucune étude ne s'est intéressée à l'effet d'accumulation de stimuli sensoriels en relation avec la RED. Il est raisonnable de penser que des mécanismes similaires pourraient être observés pour cette population.

- **Hypothèse 2** : *L'accumulation de présentations de stimuli sensoriels conduit à une augmentation de la réactivité électrodermale pour les deux groupes.*

3. Traitement unisensoriel et multisensoriel entre enfants autistes et enfants au développement typique

L'évaluation des réactions face à de stimuli unisensoriels a été décrite dans plusieurs études utilisant comme mesure la RED chez les personnes autistes (Haigh et al., 2020; McCormick et al., 2016; Schupak et al., 2016). En revanche, à notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée aux réactions évaluées avec ce dispositif face à des stimuli multisensoriels au sein d'une population autiste ou au développement typique. Pourtant, des études expérimentales ont démontré une différence significative dans les temps de réponse lors de tâche d'ordre de jugement temporel entre le traitement unisensoriel et multisensoriel chez les personnes au développement typique, contrairement aux personnes autistes (Meilleur et al., 2020; Siemann et al., 2020). Chez les personnes au développement typique, le traitement multisensoriel bénéficie de l'intégration de plusieurs modalités sensorielles (Cuppini et al., 2020; Spence et al., 2001), avec une baisse du temps de réponse observé lors du passage à un traitement multisensoriel. En revanche, les personnes autistes ne montrent pas de différence de temps de réponse entre le traitement unisensoriel et multisensoriel (Ainsworth et al., 2021; Collignon et al., 2013; Crosse et al., 2022; Ostrolenk et al., 2019; Siemann et al., 2020; Stevenson et al., 2014). Ce même effet devrait être retrouvé avec le signal RED.

- **Hypothèse 3** : *Alors que le signal de la RED est inférieur en situation multisensorielle par rapport à une situation unisensorielle dans le groupe des enfants au développement*

typique, une telle différence n'est pas observée dans le groupe des enfants autistes.

4. Évolution de la réactivité électrodermale avec l'âge

Nous ne disposons pas de résultat concernant l'aspect développemental du signal électrodermal en réponse à des stimulations sensorielles. En revanche, les études montrent une RED plus élevée chez les enfants par rapport aux adultes attribuée à la différence de maturation du SNA (Bari et al., 2020; Bufo et al., 2022). Chez l'adulte, la régulation physiologique est plus efficace, ce qui permet une meilleure gestion des stimuli sensoriels. En revanche, chez les personnes autistes, cette hypothèse est exploratoire, car il n'existe pas encore de données suffisantes permettant de confirmer une trajectoire atypique de développement du SNA.

- **Hypothèse 4** : *Quelle que soit la nature des stimuli unisensoriels ou multisensoriels, la RED diminue avec l'âge chez les participants du groupe contrôle, alors qu'elle restera constante avec l'âge chez les participants autistes.*

Le choix de la population testée s'est orienté vers des enfants et adolescents âgés de 6 à 17 ans répartis en deux groupes (autiste et contrôle). Cette tranche d'âge a été ciblée, car l'autisme, en tant que trouble neurodéveloppemental, se manifeste par des signes plus visibles chez l'enfant et l'adolescent que chez l'adulte (cf. section II.2). En revanche, avant six ans, la mesure de la RED aurait été difficilement applicable à de jeunes enfants, d'où l'exclusion de ces derniers dans le protocole.

Les stimuli ont été conçus spécialement pour cette étude, à l'appui des descriptions sensorielles de la littérature et de celles de l'étude 1. Parmi les études sur la RED des personnes autistes, peu se sont intéressées à des canaux sensoriels spécifiques. La plupart ont exploré l'état de repos, des situations de jeu ou encore des tâches cognitives. Le choix s'est porté sur l'exploration de la vision et de l'audition, deux canaux sensoriels largement étudiés par d'autres dispositifs (p. ex., IRMf, EEG) qui nous permettent de disposer de données comparatives. L'exposition aux stimuli a été construite de façon à induire un ajout graduel de traitement pour chaque canal sensoriel. Le même protocole a été administré à tous les participants. Des analyses non paramétriques intra et intergroupes ont été effectuées sur les paramètres du signal électrodermal pour vérifier les hypothèses décrites ci-dessus.

La partie suivante de la thèse sera dédiée à la description détaillée des deux études.

Exploration Empirique

I. Étude qualitative : Descriptions parentales de la perception sensorielle dans l'autisme

Cette étude a fait l'objet d'une publication sous la forme d'un article intitulé « *Parental descriptions of sensory processing in Autism* », paru dans la revue *Research in Autism Spectrum Disorders* en Septembre 2024.

Brouche, S., Rigal, N., & Cazalis, F. (2024). Parental descriptions of sensory processing in Autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *118*, 102488. https://doi.org/10.1016/j.rasd.2024.102488

I.1. Objectif

La première étude menée, de nature qualitative, avait pour objectif d'explorer les expériences sensorielles d'enfants et d'adultes autistes à travers les témoignages de leurs parents. En se basant sur des observations du quotidien, cette approche cherchait à recueillir des données plus proches de la réalité qu'en contexte clinique ou de laboratoire. Ces expériences sensorielles sont couramment décrites comme différentes dans l'autisme par la communauté scientifique et clinique. Pourtant, proposer une définition unifiée de ces perceptions reste difficile en raison de la grande variété de modèles et de méthodes utilisés pour les caractériser (Brouche et al., 2024; Cascio et al., 2016; Schauder & Bennetto, 2016). De plus, une revue des données neurophysiologiques a souligné l'hétérogénéité des profils sensoriels dans l'autisme (Marco et al., 2011). Face à cette diversité, plusieurs modèles ont été proposés en milieu clinique pour tenter de mieux comprendre ces différences de traitement sensoriel.

Les premiers travaux visant à fournir un modèle pour comprendre ces manifestations ont été réalisés par Ayres (1972), qui a décrit les troubles de l'intégration sensorielle chez les enfants et adolescents autistes et présentant des troubles des apprentissages. Actuellement, la théorie la plus largement acceptée sur la perception sensorielle dans l'autisme au sein de la communauté scientifique est celle de Dunn. En 1997, Dunn a développé sa théorie « des seuils neurologiques et des réponses comportementales », qui prédomine désormais dans la clinique de la perception sensorielle de l'autisme. Cette théorie suggère une anomalie de modulation chez la personne autiste, conduisant à une intégration sensorielle différente des stimuli par le système nerveux central. Elle a été développée à partir des données obtenues d'un hétéro-questionnaire, le *Profil Sensoriel* (Dunn, 1994, 1999, 2014). Cette anomalie de modulation

conduirait à un traitement hyper-réactif ou hypo-réactif des stimuli environnementaux. Ces deux dimensions (hyper/hypo-réactivité) sont utilisées pour caractériser la perception sensorielle d'un enfant ou d'un adolescent autiste dans les milieux clinique et de recherche. La plupart des questionnaires et des grilles d'entrevue ou d'observation sont basés sur cette classification (Brouche et al., 2024).

Cependant, les questionnaires et les observations semi-structurées peuvent présenter des limites lorsqu'il s'agit de capturer la complexité des réponses sensorielles d'un individu (cf. contexte théorique, II.3). En s'appuyant sur des grilles standardisées ou des questions fermées, ces méthodes risquent d'occulter des informations précieuses, ce qui peut empêcher de saisir la globalité des comportements observés au quotidien.

Les parents, grâce à l'intimité et au temps de vie commune qu'ils partagent avec leur enfant, sont les mieux placés pour décrire leurs réactions face aux stimulations sensorielles. Recueillir et analyser ces réactions contribue à une meilleure compréhension des expériences sensorielles telles qu'elles sont vécues par les personnes autistes et permet d'en identifier les spécificités. Cette étude visait donc à répondre à la question de recherche suivante : quels sont les schémas de comportement liés à la perception sensorielle dans la vie quotidienne, tels que décrits par les parents d'enfants et d'adultes autistes, et comment ces descriptions peuvent-elles enrichir les modèles théoriques et les outils dans ce domaine ?

I.2. Méthodologie

I.2.A. Éthique

Le protocole d'étude a été approuvé par le Comité d'Éthique de l'UFR SPSE (Unité de Formation et de Recherche en Sciences Psychologiques et Sciences de l'Éducation) de l'Université Paris Nanterre (UPN) conformément à la Déclaration de Helsinki (ID du projet 2021-03-03, voir Annexe 2).

I.2.B. Recrutement

Les participants ont été recrutés auprès du Centre Ressources Autisme Île-de-France (CRAIF). Le CRAIF a relayé notre étude à sa liste de diffusion de formation des aidants, ainsi que sur sa page Facebook. Les participants ont été invités à contacter l'investigateur (SB) par e-mail. Par la suite, ils ont été contactés par un membre de l'équipe de recherche pour organiser une réunion téléphonique afin de définir les modalités pratiques de participation. Les parents ayant déclaré être intéressés par l'étude ont reçu un formulaire de consentement et une fiche d'information sur le déroulement du groupe de discussion (voir Annexe 3).

I.2.C. Participants

Les participants répondaient aux critères suivants : (1) être l'aidant d'un enfant ou d'un adulte avec autisme ; (2) diagnostic confirmé par un praticien qualifié ; (3) absence d'épilepsie et de maladie génétique. Des aidants de 15 enfants et jeunes adultes (cinq femmes et dix hommes) ont été recrutés pour participer au groupe de discussion (Tableau 8). Quatre groupes de discussion ont été conduits selon l'âge des enfants : 3-5 ans (n = 3 ; m_{age} = 4,33 ± 0,58) ; 6-12 ans (n = 5 ; m_{age} = 8,40 ± 1,52) ; 13-17 ans (n = 4 ; m_{age} = 15,25 ± 1,71) ; >18 ans (n = 3 ; m_{age} = 25,33 ± 7,77). Six enfants présentaient des comorbidités confirmées par un professionnel de santé, telles que le trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH) et le trouble du déficit de l'attention (TDA). De plus, un enfant avait un diagnostic de dyspraxie et un autre avait une déficience visuelle. La plupart des enfants (n = 12) étaient verbaux, tandis que trois ne parlaient pas.

Tableau 8

Caractéristiques des participants

Participants par groupe d'âge	Âge de l'enfant (en années)	Genre de l'enfant (féminin/masculin)	Âge du diagnostic (en années)	Comorbidité psychiatrique ou neurologique	Langage (verbal/non-verbal)
3-5 ans					
1	5	F	3		Non-verbal
2	4	M	3		Verbal
3	4	M	1		Non-verbal
6-12 ans					
4	11	M	9		Non-verbal
5	8	M	5	Dyspraxie	Verbal
6	7	M	6	TDAH[a]	Verbal
7	8	M	7		Verbal
8	8	M	5	TDA[b]	Verbal
13-17 ans					
9	13	M	5	ADHD	Verbal
10	15	F	13	ADHD	Verbal
10[c]	17	F	15		Verbal
11	16	M	16		Verbal
> 18 ans					
12	19	M	18		Verbal
13	23	F	22		Verbal
14	34	F	32	Malvoyante	Verbal

Note. [a]TDAH : Trouble de l'attention avec hyperactivité ; [b]TDA : Trouble déficitaire de l'attention ; [c]10 : Même participant avec deux enfants.

I.2.D. Protocole et matériel

Les groupes de discussion se sont déroulés par vidéoconférence, en raison de la pandémie de COVID-19, avec une durée de 87 à 92 minutes. Deux enquêteurs étaient présents pour animer chaque groupe. Un manuel leur avait été remis afin de respecter une procédure similaire (voir Annexe 4). Les échanges des participants ont été enregistrés sous forme audio.

Le groupe de discussion était structuré en trois parties : présentation des objectifs du groupe, questions ouvertes sur les expériences sensorielles des enfants et jeunes adultes, et échanges autour de situations sensorielles à partir d'une boîte à questions. La partie ouverte

comprenait cinq questions. Ces questions n'étaient pas basées sur un cadre théorique existant. Ces questions ont été choisies pour encourager les discussions sur les expériences sensorielles observées par les parents, allant des aspects les plus généraux aux plus détaillés :

(1) Quand vous entendez le mot « sens », à quoi cela vous fait-il penser spontanément ?

(2) Pensez-vous que les sens de votre enfant fonctionnent différemment de ceux des autres enfants ? Si oui, quand ou comment en êtes-vous devenu conscient ?

(3) Comment les voyez-vous fonctionner différemment ?

(4) Lequel des sens de votre enfant vous frappe le plus ? Quels comportements cela manifeste-t-il ?

(5) Quelles sont les conséquences pour vous et pour eux dans votre vie quotidienne et la leur ?

La boîte à questions a été préparée avant le groupe de discussion. Chaque participant était invité à noter des situations liées à la perception sensorielle de leur proche autiste et à les envoyer à une adresse e-mail créée pour l'étude. Les témoignages envoyés par les participants ont été anonymisés pour être discutés par les investigateurs pendant le groupe de discussion.

I.2.E. Analyse de données

Une analyse thématique a été utilisée pour cette étude. Il s'agit d'une méthode qui permet d'extraire des catégories de sens en vue de répondre à une question de recherche (Braun & Clarke, 2006, 2019). Une approche inductive a été adoptée, ce qui signifie que les thèmes ont été générés directement à partir des données. L'objectif de cette étude étant d'identifier de nouveaux schémas de comportements, cette approche inductive permet d'explorer le sujet de manière ouverte, non limitée par des cadres existants. L'analyse a été menée à un niveau sémantique, en se concentrant sur les significations explicites dans les données plutôt que sur des interprétations latentes. De plus, une analyse essentialiste/réaliste a été adoptée afin de capturer les expériences des parents telles qu'elles étaient décrites et perçues dans leur réalité quotidienne. Les six phases recommandées par Braun et Clarke (2006) ont été appliquées pour conduire l'analyse.

Phase 1 : Se familiariser avec les données

La familiarisation initiale avec les données a eu lieu lors de la transcription manuelle des enregistrements audio des groupes de discussion sur le logiciel Word. En tant qu'étape préliminaire, nous avons examiné à plusieurs reprises le *data corpus*, qui comprend les transcriptions complètes des groupes de discussion, afin de développer une compréhension plus approfondie de l'ensemble des données. Au cours de cette étape, des notes libres ont été prises par deux investigateurs indépendants afin d'extraire une liste initiale d'idées contenues dans les groupes de discussion. Le *data corpus* avait une durée totale de 469 minutes et comprenait 25 056 mots.

Phase 2 : Générer les codes initiaux

Après la transcription des enregistrements audio des groupes de discussion et leur importation dans *Nvivo 1.5* (Lumivero, 2021), un codage initial a été effectué. Des extraits du *data corpus* (appelés *data extracts*) contenant des informations sur les manifestations sensorielles ont été surlignés et organisés en codes (Tableau 9). Un double codage a été réalisé par deux investigateurs indépendants et vérifié pour éviter tout biais de traitement. Quatre-vingt-huit codes ont été identifiés, ce qui représente un total de 204 *data extracts*, soit 11 324 mots. L'ensemble des *data extracts* a été consigné dans un fichier Excel et déposé dans un entrepôt de données (https://osf.io/qbspg/files/osfstorage/66ae269d46b3b30f6b51a023).

Tableau 9

Exemples de codage des data extracts

N°	Data extracts	Codé pour
1	Par exemple, écouter de la musique pour mon fils, donc des choses assez répétitives, c'est réconfortant. *(>18 ans) (12D)*	Autostimulation à travers une entrée sensorielle privilégiée
2	Par contre pour la lumière, il joue pas avec la lumière. C'est surtout qu'il en a besoin, dans un endroit où il n'y a pas assez de lumière, tomber de la nuit, c'est très angoissant pour lui. Le matin dès le réveil, il faut allumer toutes les lumières du salon en même temps, c'est quelque chose si on éteint une lumière il dit « je vois plus rien ». Ça va pas. Ça c'est très angoissant pour lui. *(6-12 ans) (4B)*	Sensibilité à la lumière

3	La nourriture c'est encore très compliqué. Ma fille ne mange que de la viande. Et ça, on a beau essayer de lui faire à manger, il n'y a rien à faire. *(3-5 ans) (3A)*	Sélectivité alimentaire

Phase 3 : Recherche des thèmes

À la suite de l'élaboration d'une liste de codes sur l'ensemble du *data corpus*, les codes ont été triés pour former des thèmes et sous-thèmes. Plusieurs configurations ont été testées afin d'organiser les codes en trois thèmes et quatorze sous-thèmes. Les données recueillies lors du cinquième groupe de discussion, qui comprenait 14 parents, ont été suffisantes pour atteindre la saturation. Aucun nouveau thème n'a émergé après le dernier groupe de discussion, confirmant l'exhaustivité des thèmes identifiés.

Phase 4 : Révision des thèmes

La cohérence des thèmes a été vérifiée en inspectant les données contenues dans chaque thème. Les *data extracts* de chaque thème ont été examinés pour s'assurer qu'ils formaient un thème cohérent. Si un thème ne correspondait pas de manière appropriée, il était soit retravaillé, soit les *data extracts* étaient supprimés et réaffectés ailleurs. Les codes modifiés sont indiqués par un astérisque dans les tableaux 10-23.

Tableau 10

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème alimentation

N°	Codes initiaux alimentation	Codes finaux alimentation
1	Sélectivité alimentaire	Sélectivité alimentaire (texture, couleur)
2	Crises	Rigidité alimentaire
3	Texture des aliments*	Séparation des aliments
4	Pica	Préférences alimentaires
5	Habitudes alimentaires*	Pica
6	Séparation des aliments	Signal corporel
7	Rigidité alimentaire	--
8	Couleur*	--
9	Préférences piquants*	--
10	Signal corporel	--
11	Préférences fruits*	--

Note. Les mots avec un astérisque (*) à la fin indiquent que le code a été modifié.

Les codes *texture des aliments* et *couleur* ont été combinés avec celui de la *sélectivité alimentaire*. Les préférences pour les aliments piquants et les fruits ont été regroupées dans un

nouveau code nommé *préférences alimentaires*. Enfin, les *habitudes alimentaires* ont été intégrées à la *rigidité alimentaire*.

Tableau 11

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème audition

N°	Codes initiaux audition	Codes finaux audition
1	Rythmes*	Préférences rythmiques
2	Sensibilité au bruit	Sensibilité au bruit
3	Agressivité	Agressivité
4	Imprévisibilité	Imprévisibilité
5	Filtrage du bruit	Filtrage du bruit
6	Gestion du bruit	Gestion du bruit
7	Intonation/émotions	Intonation/émotions
8	Conséquence sur le sommeil	Conséquence sur le sommeil
9	Hyperacousie	Hyperacousie

Pour le sous-thème audition, *rythmes* a été renommé en *préférences rythmiques* pour plus de précision.

Tableau 12

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème sensations liées à l'eau

N°	Codes initiaux sensations liées à l'eau	Codes finaux sensations liées à l'eau
1	Attirance pour l'eau	Attirance pour l'eau
2	Aversion pour l'eau	Aversion pour l'eau

Pas de modifications pour le sous-thème de sensation liées à l'eau.

Tableau 13

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème émotions

N°	Codes initiaux émotions	Codes finaux émotions
1	Dysrégulation	Dysrégulation
2	Modulateur	Modulateur

Pas de modification pour le sous-thème émotions.

Tableau 14

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème flaveur

N°	Code initial flaveur	Code final flaveur
1	Sensibilité à la flaveur	Sensibilité à la flaveur

Pas de modifications pour le sous-thème flaveur.

Tableau 15

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème mise en danger

N°	Codes initiaux mise en danger	Codes finaux mise en danger
1	Manque de conscience du danger	Manque de conscience du danger
2	Mauvaise gestion des stimuli	Mauvaise gestion des stimuli

Pas de modifications pour le sous-thème mise en danger.

Tableau 16

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème motricité

N°	Codes initiaux motricité	Codes finaux motricité
1	Autostimulation vestibulaire*	Autostimulation proprioceptive et vestibulaire
2	Autostimulation proprioceptive et vestibulaire	Sensibilité proprioceptive et vestibulaire
3	Sensibilité proprioceptive et vestibulaire	Sensation de l'accélération
4	Sensation de l'accélération	Régulation
5	Régulation	Hypotonie
6	Hypotonie	--

L'autostimulation vestibulaire a été supprimée, car elle était redondante avec le code *autostimulation proprioceptive et vestibulaire*.

Tableau 17

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème olfaction

N°	Codes initiaux olfaction	Codes finaux olfaction
1	Sensibilité olfactive	Sensibilité olfactive
2	Seuil faible	Seuil faible
3	Recherche d'odeurs	Recherche d'odeurs

Pas de modification pour le sous-thème olfaction.

Tableau 18

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème réaction au changement

N°	Codes initiaux de réaction au changement	Codes finaux de réaction au changement
1	Crises*	Effondrement en réponse au changement
2	Agitation	Agitation
3	Temps d'adaptation	Temps d'adaptation
4	Difficulté d'adaptation	Difficulté d'adaptation
5	Détresse émotionnelle	Détresse émotionnelle

Le code *crises* a été précisé en *effondrement en réponse au changement*.

Tableau 19

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème stratégie d'autorégulation

N°	Codes initiaux stratégie d'autorégulation	Codes finaux stratégie d'autorégulation
1	Autostimulation par un canal sensoriel préféré	Autostimulation par un canal sensoriel préféré
2	Action	Action
3	Anticipation*	Effondrement
4	Effondrement	Reproduction
5	Reproduction	Répétition
6	Recherche de sensation*	--
7	Répétition	--

Le code *anticipation* a été retiré, car il concernait une stratégie parentale plutôt qu'une stratégie d'autorégulation. De plus, le code *recherche de sensation* a été fusionné avec *l'autostimulation par un canal sensoriel préféré*.

Tableau 20

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème stratégie parentale

N°	Codes initiaux stratégie parentale	Code finaux stratégie parentale
1	Anticipation	Anticipation
2	Adaptation à l'enfant	Adaptation à l'enfant
3	Outils sensoriels	Outils (sensoriels, visuels, activités de médiation)
4	Outils visuels*	Verbalisation
5	Verbalisation	Pression profonde
6	Activités de médiation*	--
7	Pression profonde	--

Les codes *outils sensoriels, outils visuels*, et *activités de médiation* ont été regroupés sous un code commun nommé *outils*.

Tableau 21

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème surcharge sensorielle

N°	Codes initiaux surcharge sensorielle	Codes finaux surcharge sensorielle
1	Bruits*	Déclencheurs (bruits, foule, modulation de l'attention)
2	Anxiété*	Conséquences (anxiété, détresse, fatigue, difficulté de gestion des émotions, difficulté d'apprentissage, dissociation, sommeil)
3	Détresse*	Modulation entre les sens
4	Modulation de l'attention*	--
5	Fatigue*	--
6	Foule*	--
7	Difficulté de gestion des émotions*	--
8	Difficulté d'apprentissage*	--
9	Dissociation*	--
10	Sommeil*	--
11	Modulation entre les sens	--

Tous les codes ont été classés en deux catégories : *déclencheurs* ou *conséquences*. Seul le code *modulation entre les sens* n'a pas été inclus dans cette classification.

Tableau 22

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème toucher

N°	Codes initiaux toucher	Codes finaux toucher
1	Aversion texture*	Texture (aversion, attirance ou sensibilité)
2	Attirance texture*	Recherche de pression profonde
3	Sensibilité texture*	Sensibilité du corps (cuir chevelu, plante des pieds, effleurement, vêtements)
4	Recherche de pression profonde	Sensation à la douleur
5	Sensibilité cuir chevelu*	Sensation à la température
6	Sensation à la douleur	Recherche de sensation (toucher)
7	Sensation à la température	Contact physique
8	Sensibilité plante des pieds*	--
9	Vêtements*	--
10	Contact physique	--
11	Effleurement*	--
12	Recherche de sensation (toucher)	--

Les différents types de réactions aux textures ont été regroupés dans le code *texture*. Un code nommé *sensibilité du corps* a combiné les codes de sensibilité liés aux différentes parties du corps.

Tableau 23

Vérification de la cohérence des codes pour le sous-thème vision

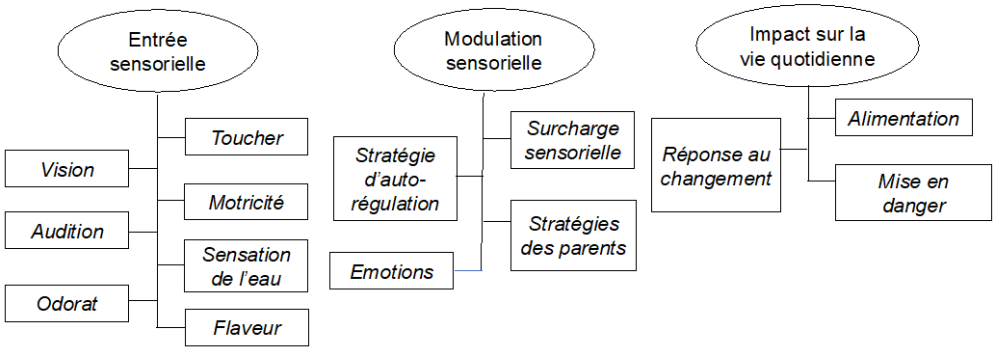
N°	Codes initiaux vision	Codes finaux vision
1	Autostimulation visuelle	Autostimulation visuelle (luminosité, mouvement, alignement, rotation)
2	Rotation*	Perception du détail
3	Alignement*	Sensibilité à la lumière
4	Perception du détail	Capacité visuo-spatiale
5	Luminosité	--
6	Recherche de sensation (vision)*	--
7	Sensibilité à la lumière	--
8	Autostimulation visuelle (lumière)*	--
9	Capacité visuo-spatiale	--
10	Autostimulation mouvement*	--

Le code *autostimulation visuelle* a été fusionné avec les codes *luminosité, mouvement, alignement, recherche de sensation, autostimulation visuelle*, et *rotation*.

Une carte thématique a ensuite été créée pour représenter tous les thèmes et sous-thèmes, puis comparée à l'ensemble des données (Figure 24).

Figure 24

Carte thématique des thèmes des descriptions parentales de la perception sensorielle observable chez les personnes autistes



Note. La « perception sensorielle observable » fait référence aux comportements visibles que les parents associent à des réactions face à des stimuli sensoriels.

Phase 5 et 6 : Définir et nommer les thèmes, production d'un rapport

Lors de la phase 5, les thèmes et sous-thèmes ont été affinés et une définition exhaustive a été attribuée à chacun. La dernière étape a consisté à produire un rapport détaillant l'approche analytique. L'objectif était d'expliquer comment les thèmes dérivés de nos données répondaient à notre question de recherche initiale. Les résultats des phases 5 et 6 sont présentés dans la section des résultats.

I.3. Résultats

Trois thèmes principaux ont été identifiés (Tableau 24) : (1) entrée sensorielle, (2) modulation sensorielle et (3) impact sur la vie quotidienne. La totalité des *data extracts* est disponible sur l'entrepôt de données *Open Science Framework* (OSF) via le lien suivant : https://osf.io/26hsc.

Tableau 24

Synthèse des fréquences des data extracts par thèmes et sous-thèmes selon le groupe d'âge

	Nombre *data extract*				
Thèmes/catégories	**Tous les groupes (*N*=204)**	**3-5 ans (*n*=51)**	**6-12 ans (*n*=89)**	**13-17 ans (*n*=32)**	**>18 ans (*n*=40)**
Entrée sensorielle	101	21	31	30	19
Toucher	33	2	14	11	6
Vision	19	10	5	1	3
Motricité	15	4	2	4	5
Audition	16	2	5	6	3
Sensations liées à l'eau	8	1	3	4	0
Olfaction	7	0	1	4	2
Flaveur	3	2	1	0	0
Modulation sensorielle	67	5	28	15	19
Surcharge sensorielle	28	2	17	4	5
Stratégie d'autorégulation	19	1	7	4	7
Stratégie parentale	14	2	4	7	1
Émotions	6	0	0	0	6
Impact sur la vie quotidienne	36	16	14	4	2
Réponse au changement	12	5	7	0	0
Alimentation	19	8	5	4	2
Mise en danger	5	3	2	0	0

I.3.A. Thème 1 : Entrée sensorielle

Le thème majeur identifié lors des groupes de discussion ($n = 101$ *data extracts* ; 49,51 %) concernait la description des différences de perception selon l'entrée sensorielle. Six sens ont été détaillés (toucher, vision, audition, proprioception/vestibulaire, olfaction et flaveur) et un cas particulier de la sensation liée à l'eau qui était une source de stimulation

multisensorielle. Des exemples de *data extracts* sont présentés dans les tableaux 25-28, situés à la fin de chaque sous-thème ou directement intégrés dans le corps du texte.

Toucher

Les différences dans les réponses comportementales au toucher ont été le plus souvent décrites dans tous les groupes de discussion (n = 33 ; 16,18 %). Ce sous-thème inclut plusieurs types de sensations : tactiles, de température et de douleur.

Sensation tactile

Les parents ont décrit les réactions aux textures chez leurs enfants, notamment par des comportements d'aversion, d'attirance ou de sensibilité. Les réactions liées à la sensibilité corporelle semblaient être déclenchées par quatre types de stimulations : le cuir chevelu, la plante des pieds, l'effleurement et les vêtements. Les données recueillies ont également mis en évidence des comportements de recherche de pressions profondes, où les enfants cherchaient une pression physique intense pour se calmer. Le contact physique était une source d'inconfort ou de raideur chez certains enfants.

Les parents ont également mentionné des comportements de recherche de sensations tactiles, certains enfants manifestant une préférence pour des textures douces ou apaisantes. Ces comportements ont été observés de manière variable en termes d'intensité et de fréquence selon les individus.

Sensation de température

Les sensations de température se réfèrent à la capacité de percevoir la chaleur ou le froid. Les comportements en réponse à la température ont été décrits comme une préférence pour la chaleur ou le froid, ou une sensibilité élevée.

Sensation de douleur

Enfin, concernant les réponses à la douleur, certains enfants montraient une hyposensibilité avec des réponses limitées aux stimuli douloureux, tandis que d'autres présentaient une hypersensibilité. Bien que moins souvent mentionnée, cette dernière catégorie avait un impact notable dans certains cas.

Tableau 25

Exemples de data extracts du sous-thème toucher

Toucher	
	Textures
Aversion	'[…] donc tout ce qui était pâte à modeler, choses comme ça, tout ce qui était activité sensorielle ne fonctionnait plus.' (3-5 ans) (1A)
Attirance	'On voit qu'il aime beaucoup toucher, donc tout ce qui a des matières très spéciales […]. Il va jouer avec la paille, avec le sable.' (6-12 ans) (6B)
Sensibilité	'Pour ma fille le toucher. Elle m'a expliqué aussi que parfois elle touchait certaines surfaces et cela la stresse. Donc, elle sait aussi vers quelles surfaces se tourner pour s'apaiser.' (>18 ans) (12D)
	Sensibilité du corps
Cuir chevelu	'Ma fille, elle disait qu'elle avait mal à la tête, on ne pouvait pas la toucher. Dès qu'on lui coiffait les cheveux, elle nous disait que cela lui faisait mal.' (>18 ans) (13D)
Plante des pieds	'[…] Il poussait des hurlements quand il posait les pieds sur du sable qui est mou. Par contre, quand on essayait de le mettre sur du sable très dur, ça passait mieux.' (6-12 ans) (4B)
Effleurement	'Par contre, ce qui était problématique c'était le visage. Parce que, que là quand c'était l'effleurement le contact avec la peau c'était compliqué.' (13-17 ans) (10C)
Vêtements	'Après pareil à 18 mois, il y a eu toute la texture du toucher. C'est-à-dire qu'il s'est mis à ne plus supporter certains vêtements. Tout ce qui le serrait n'était plus supporté.' (3-5 ans) (1A)
Recherche de pression profonde	'[…] la première chose qu'on a remarquée, qui semblait un peu bizarre, c'est pourquoi notre enfant il se mettait sous le matelas au lieu de se mettre sous les draps. Ce matelas, s'il était lourd, si c'était un lit normal plutôt que de bébé, c'était encore mieux parce que c'était énormément de poids sur lui.' (13-17 ans) (10C)
Contact physique	'Il y avait ce problème sensoriel du contact du toucher parce qu'en fait elle pleurait tout le temps et on la prenait et elle était toute raide.' (13-17 ans) (9C)
Recherche de sensation toucher	'[…] elle va plutôt être dans vouloir des choses très douces, elle va tout le temps en fait se toucher l'oreille, se toucher en fait les parties très douces à ce niveau-là. Elle va les chercher. Même les toutes petites parties douces ou des tissus des choses en fait douces, elle va tout le temps en fait les toucher.' (13-17 ans) (9C)
Sensation de température	'C'est difficile, moi je sais qu'une fois on l'avait amené chez l'ORL. Il lui a mis un truc dans l'oreille qui pour nous est froid. En fait, c'est cette histoire de pile, je ne sais pas ce que c'est. En fait, lui, il a hurlé. Pour lui, « ça brûle ».' (6-12 ans) (4B)
Sensation de douleur	'Et l'autre jour, il prend sa douche et il avait des grosses cloques qui saignaient qui se sont ouvertes et je m'en suis rendue compte je lui ai dit « t'as pas mal ? », et en fait il ressent pas la douleur. Dès petit, souvent, il tombait et il réagissait pas. Et je me disais, il est costaud.' (13-17 ans) (11C)

Vision

Les réponses comportementales aux stimuli visuels ($n = 19$; 9,31 %) étaient le deuxième sous-thème le plus fréquemment décrit dans le thème des entrées sensorielles. Des comportements de stimulation visuelle ont été identifiés à partir des *data extracts* (Tableau 26). Ces stimulations pouvaient provenir de diverses sources visuelles telles que la luminosité, le mouvement, l'alignement ou la rotation.

Par exemple, quelques parents ont décrit une fascination de leurs enfants pour la lumière, notamment celle du soleil, des LED ou des lumières colorées. Plusieurs parents ont également mentionné des stimulations visuelles liées au mouvement. L'alignement des jouets ou objets et la rotation étaient fréquemment rapportés comme des sources de stimulation positive. Cependant, lorsque ces comportements étaient interrompus, cela pouvait parfois déclencher des crises.

Certains parents ont rapporté des comportements de recherche de petits objets, liés à un intérêt pour les détails, comme la poussière ou les cheveux. Les changements de luminosité ont également été décrits comme une source d'inconfort, notamment lors de transitions entre un environnement très éclairé et un environnement plus sombre.

Selon les parents, les différences dans les réponses aux stimuli visuels ont été l'un des premiers signes qu'ils ont remarqués concernant le développement sensoriel de leur enfant. Les comportements des participants en réponse aux stimuli visuels pouvaient être décrits soit comme sur-stimulants, soit comme une recherche de sensations.

Tableau 26

Exemples de data extracts du sous-thème vision

Vision	
	Autostimulation visuelle
Luminosité	'Il faut toujours la lumière le soir. Il faut des lumières vives en plus. Il faut un cordon LED. Rouge, jaune, vert, etc. […] Maintenant on a remplacé par une boule à facette et ça fait des projections, des oracles.' (6-12 ans) (7B)
Mouvement	'C'est comme les éoliennes. Il adore regarder. Il pourrait regarder pendant des heures des éoliennes.' (6-12 ans) (4B)
Alignement	'[…] la première chose qui nous a interpellés, c'est qu'il adore les voitures [...]. Et il fallait qu'elles soient alignées à la perfection, soit droites, soit en rond autour de quelque chose.' (3-5 ans) (1A)
Rotation	'Donc, faire tourner, tout le temps, tout. Il prenait tous les objets et il vérifiait si ça tournait en fait.' (3-5 ans) (2A)
Perception du détail	'Il aimait pas les gros objets, il allait chercher les tout petits poils, dans le parquet. J'ai passé mon temps à lui enlever toutes les peluches sur les mains. Et il les tournait longtemps sur ses mains, la poussière.' (6-12 ans) (7B)
Sensibilité à la lumière	'Par contre il est très sensible à la lumière, mais dans le sens où il cherche cette lumière. Il adore la luminosité. Il est hypnotisé par la lumière.' (3-5 ans) (2A)

Audition

Les réponses comportementales aux stimuli auditifs ont été rapportées moins fréquemment par les parents par rapport aux stimuli tactiles et visuels (n = 16 ; 7,84 %). Les parents ont rapporté une sensibilité à l'intonation et aux préférences rythmiques, souvent détectée dès les premières phases du développement de l'enfant. La sensibilité au bruit et l'imprévisibilité des bruits ont également été décrites, avec un impact significatif sur la vie quotidienne des enfants. Dans ces situations, l'intervention des parents était souvent nécessaire pour aider l'enfant à s'adapter aux environnements sonores.

Les difficultés de filtrage des bruits ambiants ont également été signalées, ce qui pouvait contribuer à des perturbations fonctionnelles importantes. Les comportements décrits en lien avec les stimuli auditifs étaient plus souvent associés à de l'inconfort chez les individus, avec des répercussions négatives sur des aspects du quotidien, tels que le sommeil ou l'apparition d'épisodes d'agressivité.

Tableau 27

Exemples de data extracts du sous-thème audition

Audition	
Intonation	'Je pense ça dépend de l'intonation, il est très sensible par rapport à l'intonation. […]' (13-17 ans) (10C)
Préférences rythmiques	'Moi, c'était assez tôt à la crèche, déjà, j'avais remarqué au niveau de la musique, il adorait tout ce qui était rythme. […]' (6-12 ans) (7B)
Sensibilité aux bruits	'Mais il y a le sèche-mains, il en est traumatisé. […] Et ce qui se passe avec les bruits aussi, c'est qu'il cherche toujours la provenance. Il a besoin de vérifier d'où ça sort, d'où ça vient.' (3-5 ans) (2A)
Imprévisibilité	'Quand il sort, ce sont les bruits qui le surprennent. Auxquels il ne s'attend pas, qu'il ne voit pas.' (6- 12 ans) (4B)
Filtrage auditif	'[…] il n'est pas du tout capable, je ne sais pas de rentrer dans une pièce où il y a une télévision allumée.' (13-17 ans) (10C)
Sommeil	'J'ai tout de suite vu qu'il fallait un silence absolu pour qu'elle puisse s'endormir.' (>18 ans) (12D)
Agressivité	'Il peut être très sensible, si sa sœur parle trop fort il la tape.' (6-12 ans) (5B)

Motricité

Les sens de la proprioception et du vestibulaire ont été regroupés dans cette catégorie (n = 15 ; 7,35 %). La proprioception désigne le système sensoriel responsable de l'équilibre et de l'orientation spatiale, tandis que le système vestibulaire permet de percevoir la position, le mouvement et l'activité des différentes parties du corps. Deux aspects principaux ont été décrits dans ce sous-thème : l'autostimulation proprioceptive et vestibulaire, ainsi que la sensibilité à ces stimuli.

Certains parents ont mentionné des comportements en réponse à la sensation d'accélération. Le balancement du corps a été identifié à plusieurs reprises comme une stratégie de régulation chez les enfants. Les descriptions associées aux sous-thèmes de la motricité étaient fréquemment liées à des comportements d'autostimulation, que certains parents ont interprétés comme une tentative de régulation de l'anxiété.

Tableau 28

Exemples de data extracts du sous-thème motricité

Motricité	
Autostimulation proprioceptive et vestibulaire	'Le mien, il marchait comme ça, il a marché en tournant. Il a appris avec le papa. Il s'est baissé, il a appris à marcher en tournant. Et après, il passait son temps à tourner, alors je trouvais ça mignon.' (13-17 ans) (11C)
Sensibilité proprioceptive et vestibulaire	'[…] Elle, elle supporte pas en fait trop d'accélération, trop de sensations elle a peur, même les manèges, etc., etc., elle peut pas. […]' (13-17 ans) (9C)
Sensation d'accélération	'[…] elle va adorer les accélérations faire les manèges à sensation, elle va aller chercher justement chercher ça.' (13-17 ans) (9C)
Régulation	'Et pour mon fils balancer sa tête c'est quelque chose qui le réconforte beaucoup.' (>18 ans) (12D)

Olfaction

La sensibilité aux stimuli olfactifs a été décrite comme atypique par les parents, avec des comportements de recherche d'odeurs chez les enfants autistes, agréables ou désagréables (n = 7 ; 3,43 %). Les odeurs étaient souvent rapportées en lien avec les aliments, ce qui a été décrit plus en détail dans le thème « impact sur la vie quotidienne ».

> Sensibilité olfactive : '*Oui, il avait des odeurs qu'il ne supportait pas. Des choses, des odeurs qui sentent bon qu'il voulait, ou même quand ça sentait pas mauvais, il voulait sentir, il avait envie de les sentir.' (13-17 ans) (11C)*

> Recherche d'odeurs : *'Mais il a un très bon odorat, mais il a toujours besoin d'être stimulé en sentant, donc ils ont besoin de rechercher des choses, je sais pas.' (13-17 ans) (11C)*

Selon les parents, les différences dans les réponses olfactives semblaient être moins envahissantes dans la vie quotidienne. Cependant, la difficulté d'appréhender l'expérience olfactive de l'individu d'un point de vue externe pourrait expliquer la faible occurrence des *data extracts* sur ce thème.

Flaveur

La flaveur désigne la perception des aliments dans la bouche, englobant à la fois les saveurs de base et les arômes ressentis lors de la consommation. Les réponses comportementales à la flaveur ont été rarement observées directement par les parents (n = 3 ; 1,47 %). Elles étaient le plus souvent identifiées à travers la sélectivité alimentaire de l'enfant (voir le thème 3 : « Impact sur la vie quotidienne » – problèmes alimentaires). Toutefois, un autre indicateur, lié à l'hygiène, a été mis en avant par un participant.

> Sensibilité à la flaveur : *'Un jour, j'ai changé le dentifrice, et il a crié parce que ça n'avait pas le même goût. Du coup, j'ai dû attendre le lendemain pour vite courir à la pharmacie.' (6-12 ans) (4B)*

La faible fréquence des descriptions de ce sens pourrait s'expliquer par sa proximité avec la catégorie « alimentation ». En effet, les parents ont davantage rapporté des conséquences liées à l'alimentation qu'à des différences dans le traitement de la flaveur.

Les sensations liées à l'eau – un cas spécial

L'eau, en tant que composé chimique, peut être une source variée de stimuli pour les sens (visuel, tactile et auditif). Les parents ont observé que l'eau pouvait susciter des réactions sensorielles importantes chez leurs enfants (n = 8 ; 3,92 %). Les descriptions des sensations provoquées par l'eau révèlent une variété de comportements. Certains enfants montraient une attirance pour l'eau, tandis que d'autres en avaient une aversion.

> Aversion pour l'eau : *'[...] elle mettait tout le temps son k-way et ses bottes, et même s'il faisait chaud et tout. Parce qu'en fait, s'il y avait de l'eau, elle voulait pouvoir jouer sans être mouillée. Elle pleurait même pour mettre ses bottes et son k-way.' (13-17 ans) (9C)*

> Attirance pour l'eau : *'Dès qu'on lui dit qu'on va laver les mains, il y va. Il regarde les gouttes qui tombent du robinet.' (3-5 ans) (2A)*

L'occurrence de ces descriptions spontanées dans le discours des parents suggère que l'eau pourrait être un indicateur pertinent pour identifier les différences comportementales sensorielles.

I.3.B. Thème 2 : Modulation sensorielle

Les comportements mis en évidence dans le deuxième thème par les parents étaient liés à la modulation sensorielle de leur enfant (n = 67 ; 32,84 %). La modulation sensorielle a été organisée en quatre aspects : la surcharge sensorielle, les stratégies d'autorégulation, les stratégies parentales et les émotions. Des exemples de *data extracts* sont présentés dans les tableaux 29-31, situés à la fin de chaque sous-thème ou directement intégrés dans le corps du texte.

Surcharge sensorielle

La surcharge sensorielle est le processus de saturation des informations sensorielles chez un individu. Lorsque le seuil de capacité de traitement de l'individu est dépassé, cela peut entraîner un état de dysrégulation (Scheydt et al., 2017). Dans les focus groups, les proches ont spontanément rapporté ce type de manifestation chez leurs enfants (n = 28 ; 13,72 %), ce qui représentait une part importante des *data extracts* dans le thème de la modulation sensorielle.

Les déclencheurs identifiés dans les *data extracts* comprenaient les bruits, les foules et les difficultés de modulation de l'attention. En ce qui concerne les conséquences de cette surcharge, la détresse, la fatigue, les difficultés de régulation des émotions, les difficultés d'apprentissage, la dissociation et les problèmes de sommeil ont également été relevés.

Enfin, un aidant a émis l'hypothèse que la difficulté à moduler les stimulations sensorielles pourrait, dans certains cas, entraîner un état de surcharge. Selon les participants, ce phénomène semble être complexe, probablement influencé par l'interaction de facteurs à la fois internes et externes.

Tableau 29

Exemples de data extracts du sous-thème surcharge sensorielle

Surcharge sensorielle	
	Déclencheurs
Bruits	'[…] Lorsqu'il y a trop de bruit, on voit que ses yeux sont perdus et qu'il n'arrive pas à fixer un point fixe. […]' (3-5 ans) (1A)
Foule	'[…] Le fait d'être entassé, qu'il pourrait en fait anticiper qu'à une station [cite le nom de la station] il soit noyé dans une masse de monde.' (6-12 ans) (7B)
Modulation de l'attention	'[…] Et en fait, je me rends compte qu'il y a des bruits qui peuvent passer. S'il est vraiment absorbé par son objet ou par ce qu'il fait, il n'entend rien. Du moment où il va lever les yeux ou que le regard va se positionner, les bruits seront tellement insupportables que ce seront des hurlements.' (6-12 ans) (4B)
	Conséquences
Détresse	Mais quand on rentre de ville, quand on rentre [silence] il faut que ça explose […]. C'est horrible. Il se faisait du mal, il se faisait vomir. Mais maintenant c'est passé. Mais il lui arrive d'avoir besoin de taper quelque chose pour faire redescendre la pression en fait. ' (3- 5 ans) (1A)
Fatigue	Il se fatigue avec le bruit sans avoir la conscience. Donc, quand il est fatigué il est irritable. […] C'est presque chaque jour on a des crises de colère très forte.' (6-12 ans) (5B)
Difficulté à réguler les émotions	'Elle comprenait pas en fait son ressenti, ses émotions, ses sensations et qu'en fait c'était toujours dans le trop.' (13-17 ans) (9C)
Difficulté d'apprentissage	'[…] tous les bruits qui étaient dans la classe ça lui faisait une surcharge cognitive. Donc du coup il faisait des sons avec sa bouche, il se balançait. Il refuse aussi de travailler, il se met sur le côté. […]' (6-12 ans) (4B)
Dissociation	'Après il y a des moments de surcharge où il y a de la déconnexion. C'est-à-dire, il s'arrête comme, hop il est plus là. Quand on parle il ne réagit pas. Ça peut durer une minute, deux minutes. Ça dépend, parfois plus longtemps.' (6-12 ans) (5B)
Sommeil	La journée, si elle a été hyper compliquée sur l'aspect sensoriel, le sommeil devient très compliqué.' (6-12 ans) (7B)
Modulation entre les sens	'Car les sens ont du mal à fonctionner ensemble et qu'il y a une douleur qui peut être ressentie ou alors une absence de sensation. C'est au-delà d'une adaptation des sens restants, car c'est au-delà d'une finesse que ce que peut avoir une personne aveugle au toucher. C'est aussi dans la gestion des différents sens entre eux. Et de l'intensité de la sensation.' (>18 ans) (12D)

Stratégies d'autorégulation

Cette catégorie comprenait 19 *data extracts* (9,31 %). Parmi les stratégies identifiées, l'autostimulation à travers un canal sensoriel préféré était fréquemment mentionnée. Une autre stratégie observée consistait en des comportements actifs de l'enfant pour moduler les stimuli environnementaux.

Dans certains cas, les parents ont décrit un état de déconnexion ou une altération auto-induite de l'état de conscience. Enfin, la reproduction de la stimulation à laquelle l'enfant avait été exposé apparaissait comme une stratégie apaisante. Elle était souvent associée à des comportements dits « répétitifs », mais semblait permettre une meilleure intégration des informations sensorielles perçues.

L'exposition répétée à des stimuli agréables s'avérait également être une stratégie de régulation efficace. Ces descriptions ont mis en évidence l'utilisation de ressources de contrôle à la fois internes et externes. Selon les parents, ces stratégies étaient parfois suffisantes pour stabiliser l'enfant, mais pouvaient nécessiter l'aide d'un partenaire.

Tableau 30

Exemples de data extracts du sous-thème stratégies d'autorégulation

Stratégies d'autorégulation	
Autostimulation à travers un canal sensoriel préféré	'Avant, il faisait tourner ses yeux. Ses yeux faisaient des choses bizarres. Ça a duré, c'est rare qu'on puisse le voir maintenant, mais jusqu'à l'âge de huit ans, on avait ces yeux qui... je sais pas, qui tournaient.' (6-12 ans) (4B)
Action	'Lui, il a développé une stratégie face au bruit quand il n'a rien. Quand le bruit apparait, il chante. Donc sa voix baisse le bruit de l'extérieur. Il supporte mieux.' (6-12 ans) (5B)
Effondrement	'[...] se mettait contre la grande baie vitrée. Il regardait beaucoup l'extérieur et restait figé. Ou alors, après une grosse crise, il se met sur le sol et il reste un petit moment.' (6-12 ans) (4B)
Reproduction	'Mais après le problème, c'est que quand il rentre à la maison, il reproduit tout ce qu'il a entendu, et ça fait des bruits vraiment impressionnants en termes d'intensité. En fait, il les reproduit de la même façon dont il les a captés.' (6-12 ans) (8B)
Répétition	'Par exemple, écouter de la musique pour mon fils, donc des choses assez répétitives, c'est réconfortant.' (>18 ans) (12D)

Stratégies parentales

Les parents ont développé diverses stratégies pour aider à réguler les réactions de leur enfant face aux stimulations sensorielles (*n* = 14 ; 6,86 %). Parmi ces stratégies, l'anticipation des stimulations sensorielles s'est révélée utile pour préparer l'enfant à son environnement. Cela pouvait se faire par un soutien verbal ou, pour les enfants ayant des difficultés de langage, par un soutien visuel (p. ex., pictogrammes, planification visuelle).

L'utilisation d'outils visuels et sensoriels a été fréquemment mentionnée comme une stratégie efficace, ainsi que l'utilisation de pression profonde. Lorsque l'enfant maîtrisait le langage et était en crise, les parents rapportaient l'utilisation d'un soutien verbal pour aider à gérer ces émotions.

L'aide d'un co-régulateur pour gérer les stimuli environnementaux a été décrite comme un élément indispensable pour apprendre à l'enfant ses propres stratégies de contrôle interne. Les parents ont précisé avoir développé ces stratégies de manière intuitive, soit avec l'aide de professionnels.

Tableau 31

Exemples de data extracts du sous-thème stratégies parentales

Stratégies parentales	
Adaptation à l'enfant	'[...] j'ai remarqué que c'était quand il était un peu dans l'anxiété qu'il avait besoin. Et moi je lui ai fait une petite couverture lestée [...].' (13-17 ans) (11C)
Outils	'[…] Lorsque j'ai compris cela nous a permis d'acheter les casques, de nous adapter beaucoup plus aux situations.' (>18 ans) (12D)
Pressions profondes	'En fait j'avais mis en place un rituel parce qu'elle n'aimait pas du tout le contact et je lui faisais des massages contenants […]' (13-17 ans) (9C)
Verbalisation	'Je verbalise toutes ces émotions pour l'aider à comprendre ce qu'il se passe. Ensuite, je le laisse se calmer.' (6-12 ans) (5B)

Régulation émotionnelle

Deux aspects de l'émotion ont été identifiés dans les *data extracts* (*n* = 6 ; 1,47 %). Le premier aspect met en évidence l'impact de la dysrégulation émotionnelle sur le traitement de

l'information sensorielle, tandis que l'autre décrit l'émotion comme un modulateur de la capacité à traiter l'information sensorielle.

> Dysrégulation : *'Mon mari a disputé mon fils alors qu'il mangeait des pâtes. Depuis, il vomit les pâtes. C'est un stress intense. […] C'est devenu une angoisse en fait.' (>18 ans) (12D)*
>
> Modulateur : '*Par exemple, des situations de fatigue, d'angoisse, vont exacerber certaines sensibilités.' (>18 ans) (12D)*

Dans l'ensemble, les émotions semblaient être étroitement liées à la perception sensorielle. L'anxiété, en particulier, a été largement décrite par les proches.

I.3.C. Thème 3 : Impact sur la vie quotidienne

Le dernier thème identifié concernait les conséquences comportementales de la perception sensorielle (n = 36 ; 17,65 %). Les difficultés à faire face au changement étaient des conséquences comportementales rapportées par les parents. Les descriptions relatives aux problèmes d'alimentation causés par les différences de la perception sensorielle ont constitué la deuxième catégorie de ce thème. Enfin, des problèmes liés à la mise en danger ont été identifiés. Cette dernière catégorie est peu décrite dans la littérature, mais peut représenter un problème important dans la vie quotidienne des familles. Les exemples de *data extracts* sont présentés dans les tableaux 32 et 33 situés à la fin de chaque sous-thème ou directement intégrés dans le corps du texte.

Difficulté à gérer les changements

Les difficultés à gérer les changements ont été identifiées dans les *data extracts* en relation avec des difficultés à s'adapter à de nouveaux stimuli sensoriels (n = 12 ; 5,88 %). Plusieurs types de réactions ont été notées, telles que des crises en réponse au changement, de l'agitation, une détresse émotionnelle, des périodes d'ajustement et des difficultés d'adaptation.

Tableau 32

Exemples de data extracts du sous-thème difficulté à gérer les changements

Difficulté à gérer les changements	
Effondrement	'Juste pour les vêtements. Elle refuse que je me douche. C'est pour moi un calvaire. Je porte la même robe depuis une semaine. […] Vous voyez j'ai une robe qui est verte, et ça fait une semaine que j'ai la même robe. Je ne peux pas prendre ma douche tant qu'elle est réveillée. Je dois me doucher quand elle dort. Si la nuit, elle se réveille et qu'elle voit que j'ai pas cette robe, c'est un cauchemar.' (3-5 ans) (3A)
Agitation	Il y a été la semaine dernière avec le centre de loisirs et ça a été très difficile pour lui, car ils ne l'ont pas fait dans le même sens que nous habituellement. Elles ont un peu galéré car il ne tenait plus en place. C'était trop pour lui de ne pas prendre le même chemin.' (3-5 ans) (1A)
Détresse émotionnelle	'[…] Il était tellement dans un état émotionnel, d'être là-bas la journée avec eux.' (6-12 ans) (4B)
Temps d'ajustement	'Par exemple, on est allé chez le coiffeur ce matin. […] Et je sais que ce soir, il va pas arrêter de me parler de ces cheveux. Le fait d'avoir tondu, l'arrière de ces cheveux, il adore l'aspect très court. Et donc, il arrête pas de frotter l'arrière.' (6-12 ans) (7B)
Difficulté d'adaptation	'Son orthopédiste le connaît depuis deux ans. Chaque fois que nous allons à une séance, c'est comme si nous recommencions avec une personne différente. C'est frustrant.' (6-12 ans) (4B)

Problèmes d'alimentation

Les parents ont qualifié l'alimentation de difficulté sensorielle significative (n = 19 ; 8,6 %). La plupart des participants ont indiqué que leur enfant était sélectif en ce qui concerne les textures, les mélanges (aliments séparés), les assaisonnements, les couleurs et la répétitivité des aliments (c.-à-d. la marque). En plus de la sélectivité alimentaire, les *data extracts* ont également révélé des spécificités dans l'interprétation des signaux corporels tels que la faim et la satiété.

Tableau 33

Exemples de data extracts du sous-thème problèmes d'alimentation

Problèmes d'alimentation	
Séléctivité alimentaire	'[…] c'était un enfant qui mangeait de tout. Qui était un grand fan de brocolis [silence] et du jour au lendemain à décider qu'il ne mangerait plus que des pâtes, du steack hâché et des haricots verts. Mais surgelé, sans beurre, il fallait pas que ce soit en boîte. Surtout pas frais, sans assaisonnement, fallait pas de sel, donc voilà.' (3-5 ans) (1A)
Séparation des aliments	'Elle a toujours voulu que ce soit séparé. On lui apporte assiette par assiette. Elle sent ses assiettes.' (>18 ans) (13D)
Préférences de goûts	'Il mange, il mange, il mange, des fruits beaucoup de fruits. Il adore les fruits, il faut toujours lui donner un fruit à tous les repas. Il aime bien la sensation du fruit, je sais pas pourquoi les différents goût des fruits.' (13-17 ans) (11C)
Siganl du corps	'Ah mon fils, il a pas vraiment de sensation de faim.' (13-17 ans) (11C)

Mise en danger

Trois proches ont identifié un risque de mise en danger de l'enfant (n = 5 ; 2,45 %). Les *data extracts* abordaient deux aspects : soit un manque de conscience du danger, soit une mauvaise gestion des stimuli par l'enfant.

> Manque de conscience du danger : *'[…] dans la rue, il n'a pas peur des gens, au contraire. Il faut que je fasse attention à ce qu'il suit son chemin. Il avance comme un tank. […]' (3-5 ans) (2A)*
>
> Mauvaise gestion des stimuli : *'Par exemple une fois il était sur le trottoir, il a pris peur en fait, il a traversé d'un seul coup et il a fallu le rattraper. […]' (6- 12 ans) (4B)*

Bien que cette catégorie représente une faible proportion des *data extracts*, il est important de la mentionner en tant que conséquence comportementale, car elle nécessitait une adaptation importante des proches. Ces descriptions ont également mis en lumière l'importance d'une interprétation adéquate des réactions sensorielles des enfants par les proches pour éviter une situation à risque.

I.4. Discussion

L'objectif de cette étude était d'explorer les caractéristiques des réponses comportementales aux stimuli sensoriels chez les personnes autistes à travers les observations de leurs parents. L'analyse thématique a révélé trois principales catégories de descriptions : les différentes entrées sensorielles, la modulation sensorielle et l'impact sur la vie quotidienne. Les principaux résultats sont discutés par thème dans les sections suivantes.

I.4.A. Entrée sensorielle et outils existants

Le thème le plus représenté concernait les entrées sensorielles, avec six principaux sous-thèmes identifiés, par ordre de fréquence décroissante : toucher, vision, audition, motricité, olfaction et flaveur. L'analyse a mis en évidence que les sous-thèmes du toucher, de la vision, de l'audition et de la motricité sont plus souvent sollicités lors des activités quotidiennes, ce qui augmente la fréquence des observations de différences sur ces entrées sensorielles. Ces résultats sont cohérents avec la littérature, qui indique une prévalence des spécificités dans les domaines du toucher et de l'audition chez les personnes autistes (Lazerwitz et al., 2022; Tomchek & Dunn, 2007; Wada et al., 2023). Le sous-thème des « sensations liées à l'eau » a été inclus dans ce thème en raison de son aspect « multisensoriel ». Contrairement à la littérature préalable, les descriptions isolées sur ce thème ne définissaient pas précisément le canal sensoriel stimulé, créant ainsi ce sous-thème.

Le premier résultat clé de cette étude est l'émergence de la « recherche de sensations » ou du « *stimming* » comme des réponses fréquemment observées. Ces comportements étaient associés à plusieurs modalités sensorielles, y compris le toucher, la vision, la proprioception/vestibulaire et l'olfaction, ainsi qu'au sous-thème des stratégies d'autorégulation. Ces dimensions sont bien documentées dans la littérature, qui met en avant leur fonction adaptative dans la régulation sensorielle et émotionnelle (Joyce et al., 2017; Kapp et al., 2019; Lawson et al., 2014). La présente étude souligne l'importance d'explorer les différences sensorielles non seulement en relation avec l'inconfort, mais aussi pour comprendre la satisfaction qui peut découler du traitement sensoriel de l'individu. Les comportements d'autostimulation fournissent des informations riches sur le fonctionnement sensoriel de l'individu et n'indiquent pas toujours un déficit de traitement (Jaswal & Akhtar, 2019). Étant donné le risque potentiel de sous-évaluation de ces comportements jugés moins problématiques,

il est crucial de réfléchir à la manière dont ces dimensions peuvent être intégrées dans les questionnaires d'évaluation.

I.4.B. Identifier la modulation sensorielle

Le deuxième thème identifié concerne la notion de modulation sensorielle avec quatre processus isolés : la surcharge sensorielle, les stratégies d'autorégulation, les stratégies des proches et la régulation des émotions.

Le sous-thème de la surcharge sensorielle est un autre résultat clé de cette étude. Plusieurs déclencheurs de la surcharge sensorielle ont été identifiés, notamment le bruit, les foules et les difficultés de modulation de l'attention. Ces surcharges se produisent le plus souvent dans des environnements urbains, à l'école ou dans de nouveaux cadres pour l'individu. Les parents ont également rapporté les conséquences de la surcharge sensorielle, telles qu'une augmentation de l'anxiété, de la détresse, de la fatigue, des difficultés de régulation émotionnelle, des problèmes d'apprentissage, de la dissociation et des troubles du sommeil. Nos données ont souligné que les surcharges sensorielles surviennent le plus fréquemment dans des contextes urbains. Ainsi, repenser les espaces urbains pour les personnes autistes, notamment sur la base des résultats d'études qualitatives sur ce sujet (Finnigan, 2024; MacLennan et al., 2023) et des recommandations pour concevoir des environnements adaptés à l'autisme (Tola et al., 2021), pourrait considérablement améliorer le confort et l'autonomie des personnes autistes.

Les stratégies d'autorégulation et les stratégies des aidants représentent le dernier résultat clé de cette étude. Les stratégies d'autorégulation peuvent se manifester sous diverses formes, telles que l'autostimulation via un canal sensoriel préféré, l'action, l'effondrement, la reproduction et la répétition. Ces stratégies servent de mécanismes adaptatifs permettant aux individus de maintenir un équilibre sensoriel dans des environnements ou des situations perçus comme « surstimulants » (MacLennan et al., 2022). Leur efficacité indique également un bon fonctionnement exécutif, en particulier dans la régulation émotionnelle et le traitement sensoriel (Pastor-Cerezuela et al., 2020). De plus, elles peuvent prédire des problèmes comportementaux et la capacité à gérer les stresseurs (Fernandez-Prieto et al., 2020). Elles sont donc étroitement liées à la qualité du fonctionnement quotidien. Les stratégies parentales jouent également un rôle crucial dans le soutien à la régulation. Les parents peuvent mettre en place des stratégies adaptées pour aider leurs enfants à faire face aux défis sensoriels, telles que l'application de

pressions profondes, l'utilisation de planning visuel ou la création d'environnements adaptés à leurs besoins sensoriels. Ces stratégies visent non seulement à atténuer la détresse immédiate (Little et al., 2022; Schaaf et al., 2011), mais aussi à encourager l'enfant à adopter ces stratégies dans divers contextes, notamment en milieu urbain et scolaire (Little et al., 2022; Pfeiffer et al., 2017). L'évaluation des stratégies d'autorégulation et des stratégies des aidants fournirait des informations précieuses sur le profil sensoriel global des personnes autistes et faciliterait l'élaboration d'un plan de soins personnalisé.

Le rôle des émotions dans la perception sensorielle reste incertain. Les descriptions fournies par les parents suggèrent que les émotions peuvent précéder ou suivre les difficultés de perception sensorielle. Un examen plus approfondi permettrait de déterminer si la régulation émotionnelle joue un rôle spécifique dans les réactions comportementales aux stimuli sensoriels. Dans la littérature non spécifique à l'autisme, il est suggéré que la régulation émotionnelle agit comme un médiateur dans la perception sensorielle (McMahon et al., 2019). Il serait pertinent d'étudier dans de futures recherches si ce rôle médiateur des émotions présente des différences chez les personnes autistes. Par exemple, concernant les processus cognitifs, plusieurs études ont exploré chez les adultes autistes l'influence des processus émotionnels sur la capacité de prise de décision. Les résultats ont mis en évidence un moindre effet du cadre, lié potentiellement à une moindre réactivité émotionnelle ou à une plus grande rationalité (Moutier, 2015). Caractériser de façon rigoureuse les émotions et leur rôle dans la réactivité aux stimuli sensoriels doit être envisagé comme une piste de réflexion en vue de l'amélioration des outils d'évaluation clinique.

I.4.C. Réponse sensorielle et impact sur la vie quotidienne

Le dernier thème renvoie à l'impact des différences de la perception sensorielle sur la vie quotidienne des personnes autistes selon leurs parents.

La réaction au changement a été le sous-thème le plus cité. Il est documenté dans la littérature comme un comportement central chez les personnes autistes, souvent associé à des rigidités comportementales et à de l'anxiété (Baribeau et al., 2021; Gotham et al., 2013). Cette difficulté à s'adapter à des situations nouvelles est souvent exacerbée par des spécificités de traitement sensoriel. Les conséquences sur la vie quotidienne peuvent être importantes selon les parents, affectant la capacité à participer à des activités sociales, mais aussi en limitant les déplacements et les activités.

Les comportements alimentaires sont également décrits comme une conséquence comportementale des différences de perception sensorielle. Ces comportements, tels que l'alimentation sélective, sont souvent le résultat de sensibilités accrues à certaines textures, goûts, odeurs ou couleurs des aliments, qui peuvent provoquer une forte réaction de rejet. Par exemple, certains enfants autistes peuvent refuser de manger des aliments mous ou visqueux, tandis que d'autres peuvent préférer des textures croustillantes ou croquantes. Ce lien entre sensibilité sensorielle et comportement alimentaire représente une source importante d'anxiété et de tension pour les proches, qui se trouvent souvent démunis face à des refus alimentaires constants et imprévisibles. Les différences dans le domaine de l'alimentation sont apparues chez tous les participants avec une intensité variant de faible à très élevée. Pour certaines familles, ces comportements peuvent entraîner des restrictions alimentaires sévères, limitant la diversité nutritionnelle et nécessitant des adaptations à la maison et à l'extérieur (p. ex., manger les mêmes aliments, choisir des restaurants précis, etc.). Le lien entre les différences de perception sensorielle et l'alimentation sélective dans l'autisme est longtemps resté mal défini. Cela a conduit à des diagnostics de troubles du comportement alimentaire à part entière et à des interventions qui ne répondaient pas de manière adéquate aux besoins des personnes autistes. Aujourd'hui, ce lien semble de plus en plus solidement établi (Luisier et al., 2015, 2019; Petitpierre et al., 2021).

Enfin, un domaine peu décrit dans la littérature concernant la perception sensorielle est celui de la mise en danger. Les proches des groupes d'âge 3-5 ans et 6-12 ans décrivent des situations où l'enfant s'est mis en danger en raison d'un traitement inadéquat des informations sensorielles. L'enfant est surchargé ou présente des difficultés à traiter les signaux environnementaux importants (tels que les signaux d'alarme). Reconnaître ces signaux nécessiterait, selon les parents, une longue phase d'apprentissage pour les enfants. Cela souligne l'intérêt potentiel d'intégrer l'absence de conscience du danger et la mauvaise gestion des stimuli environnementaux comme cibles d'évaluation dans un profil sensoriel.

I.4.D. Limites

Cette étude qualitative sur les réponses comportementales aux différentes entrées sensorielles observées par les parents présente deux principales limitations. La première est la taille de notre échantillon (N = 15), particulièrement en raison de l'hétérogénéité des profils cognitifs des participants. La deuxième est que les personnes autistes n'ont pas été directement interrogées, ce qui signifie que seules les réactions ont été recueillies, et non les perceptions

subjectives. Combiner les deux perspectives serait une extension intéressante pour de futures recherches. Il est également important de souligner que, compte tenu de la composante génétique reconnue de l'autisme, certains parents de notre échantillon pourraient eux-mêmes se trouver sur le spectre. Cette possibilité pourrait influencer la manière dont ils perçoivent et décrivent les comportements sensoriels de leur enfant, et elle devrait être prise en compte dans de futures études.

I.4.E. Conclusion et implications

Ces résultats soulignent des pistes importantes pour l'amélioration des pratiques d'évaluation et d'intervention dans le domaine de l'autisme. Trois aspects, jusqu'à présent négligés dans les outils d'évaluation, mériteraient d'être intégrés à l'avenir. D'une part lors des procédures d'évaluation de l'autisme, et d'autre part, dans le cadre des prises en charge, afin d'affiner les profils des individus et de mieux comprendre leurs besoins spécifiques.

Premièrement, l'étude révèle que la recherche de sensation ou le *stimming* ne sont pas simplement des réponses au stress, mais peuvent également être des sources de satisfaction sensorielle. Ce point, souvent sous-estimé dans la littérature, qui met davantage l'accent sur l'inconfort, souligne l'importance de ne pas chercher à supprimer ces comportements, mais plutôt de les utiliser pour mieux comprendre les besoins sensoriels des individus (Kapp et al., 2019). Cela pourrait conduire à des interventions plus personnalisées, basées sur une meilleure compréhension des préférences sensorielles. L'intégration de ces comportements dans les outils d'évaluation offrirait une approche plus complète, prenant en compte à la fois les aspects positifs et négatifs de l'expérience sensorielle. Par ailleurs, l'identification du sous-thème des « sensations liées à l'eau », en tant que phénomène multisensoriel, apporte une nouvelle perspective sur la manière dont plusieurs modalités sensorielles peuvent interagir chez les personnes autistes.

Deuxièmement, l'étude révèle que la surcharge sensorielle est fréquente chez les personnes autistes, particulièrement dans les environnements urbains et scolaires. La qualité de vie peut être significativement affectée par la répétition de ce phénomène, notamment en raison de l'anxiété, de la fatigue et des difficultés de sommeil qu'il engendre. Ces résultats soulignent la nécessité d'adapter les environnements pour réduire les déclencheurs de surcharge sensorielle, en particulier dans les espaces urbains. Ils offrent également des pistes pour des

interventions cliniques visant à mieux gérer ces surcharges en identifiant les déclencheurs individuels.

Enfin, les stratégies d'autorégulation et celles développées par les proches semblent avoir un rôle clé dans la gestion des stimuli sensoriels et émotionnels au quotidien. Ce résultat souligne l'importance de mieux comprendre ces stratégies afin de les intégrer dans les interventions individuelles. Ces stratégies, développées par les personnes autistes et leurs proches, ont l'avantage de capturer la finesse des caractéristiques propres à cette population.

En conclusion de cette première étude, une évaluation de la perception sensorielle via des mesures objectives est nécessaire pour compléter l'exploration de ce domaine. Ce passage d'indicateurs subjectifs à objectifs sera le sujet de la deuxième étude de cette thèse, qui visera à approfondir notre compréhension des mécanismes sous-jacents aux différences sensorielles.

II. Étude quantitative : Modulation singulière de la réponse autonome lors de l'exposition à des stimuli unisensoriels et multisensoriels chez des enfants et adolescents autiste

II.1. Objectifs

L'harmonisation de la caractérisation et de l'évaluation de la perception sensorielle est un enjeu majeur, comme discuté dans la partie contexte théorique, pour permettre d'établir des critères d'évaluation cohérents entre les cliniciens et les chercheurs. L'objectif de cette étude est d'explorer la réactivité physiologique face aux stimulations sensorielles. Cette approche va au-delà des observations comportementales, en offrant des mesures objectives.

Plusieurs indices prometteurs ont déjà été utilisés pour étudier les différences de réactivité physiologique face aux stimulations sensorielle dans l'autisme (cf. contexte théorique, partie IV) (Alcañiz Raya et al., 2020; Visnovcova et al., 2023). En particulier, le rythme cardiaque, la réactivité électrodermale (RED) et la réponse musculaire sont trois biomarqueurs fonctionnels qui ont démontré des différences significatives chez les personnes autistes par rapport aux personnes au développement typique.

Cependant, les études utilisant des biomarqueurs fonctionnels adoptent des méthodologies et des stimuli variés, ce qui rend difficile la synthèse des résultats sur le sujet. La RED, étant une mesure particulièrement sensible au changement d'activation du système nerveux sympathique (SNS) en réponse à des stimuli sensoriels, a été choisie comme indicateur dans le cadre de cette étude (Bari et al., 2023).

Les études portant sur la RED chez les personnes autistes ont révélé des différences par rapport à la population générale, bien que les résultats soient hétérogènes. Certaines recherches ont mis en évidence une RED plus élevée chez les personnes autistes, tandis que d'autres ont observé des réponses plus faibles en réaction à des stimuli sensoriels (Shan et al., 2023; Prince et al., 2017; Schupak et al., 2016). Cette divergence de résultats peut notamment s'expliquer par la variation des stimuli et des contextes entre les études. Les stimuli peuvent être unisensoriels, c'est-à-dire cibler qu'un seul canal sensoriel, ou multisensoriels, combinant diverses entrées sensorielles de l'environnement pour créer une représentation cohérente (Meilleur et al., 2020; Siemann et al., 2020). Quatre variétés de protocoles ont été identifiées dans les études :

- la présentation de stimuli par une entrée sensorielle (DeBoth et al., 2023; Haigh et al., 2020; Palkovitz & Wiesenfeld, 1980; Schupak et al., 2016) ;
- les situations écologiques de jeu ou d'interaction sociale (McCormick et al., 2014) ;
- un environnement sensoriel en réalité virtuelle (Alcañiz Raya et al., 2020) ;
- ou à l'état de repos (Visnovcova et al., 2023).

Les trois derniers protocoles s'apparentent à du traitement multisensoriel, mais semblent moins contrôlés quant aux entrées spécifiques qu'ils stimulent. Bien qu'ils reflètent des situations de la vie réelle, il est souvent difficile de contrôler avec précision les modalités sensorielles activées à un moment donné. L'investigation du traitement des stimuli multisensoriels via la RED apparaît nécessaire, car elle pourrait révéler des différences chez les personnes autistes (Baum et al., 2015). Notamment, l'effet *multisensory prior entry* fait référence à l'observation selon laquelle les stimuli multisensoriels sont traités plus rapidement que les stimuli unisensoriels. Ce phénomène est attribué à une augmentation de l'attention sélective dirigée vers les stimuli multisensoriels, ce qui facilite leur traitement par le cerveau (Spence et al., 2001; Stevenson et al., 2014). Des études cognitives, mesurant le temps de réponse, ont montré que cet effet est réduit chez les personnes autistes (Ainsworth et al., 2021; Collignon et al., 2013; Crosse et al., 2022; Ostrolenk et al., 2019; Siemann et al., 2020; Stevenson et al., 2014). Néanmoins, à ce jour, nous ne disposons pas encore de données physiologiques sur cet effet chez les personnes autistes.

Sur le plan développemental, des études ont mis en évidence une RED plus élevée chez les enfants au développement typique par rapport aux adultes (Bari et al., 2020; Bufo et al., 2022). Cette sensibilité accrue de la RED chez les plus jeunes peut s'expliquer par la différence de maturation de leur système nerveux autonome (SNA) (Porges, 2003). Chez le jeune enfant, le SNA est encore en développement, ce qui entraîne des réponses plus intenses ou moins modulées aux stimuli sensoriels. Par exemple, la régulation de la fréquence cardiaque et de la transpiration, qui sont des réponses typiquement médiées par le SNA, est moins stable chez les jeunes enfants, ce qui les rend plus vulnérables aux fluctuations physiologiques dues à des stimuli externes. Toutefois, bien que cette réactivité tende à diminuer avec l'âge, la RED peut être influencée par divers facteurs émotionnels et situationnels même chez l'adulte. En revanche, à notre connaissance, aucune étude n'a exploré les différences de réponse de la RED selon l'âge chez les personnes autistes.

Cette étude expérimentale vise à tester les différences de réactivité physiologique aux stimuli sensoriels chez les personnes autistes à l'aide d'une mesure quantitative : la RED. En lien avec les hypothèses formulées dans la partie problématique, les quatre axes suivants seront explorés.

1. **Différences de réactivité électrodermale entre les enfants autistes et les enfants au développement typique**

Il est attendu que la RED des enfants autistes soit significativement différente de celle des enfants au développement typique, que ce soit en réponse à des stimuli unisensoriels ou multisensoriels. Cette hypothèse s'appuie sur des études antérieures ayant montré des différences physiologiques entre ces deux groupes, bien que les résultats soient divergents quant au sens de ces différences (c.-à-d., plus élevée ou plus faible) (Shan et al., 2023; Prince et al., 2017; Schupak et al., 2016).

2. **Impact de l'accumulation de stimulation sensorielle sur la réactivité électrodermale**

L'accumulation de stimuli sensoriels successifs devrait conduire à une augmentation progressive de la RED dans les deux groupes. Des études ont montré que le traitement continu de stimuli, en particulier dans des situations d'effort mental, est associé à une augmentation de la RED chez les personnes au développement typique (Romine et al., 2022). Il reste à déterminer si ce phénomène se manifeste de manière similaire chez les enfants autistes.

3. **Différences de traitement entre stimuli unisensoriels et multisensoriels**

Chez les enfants au développement typique, une RED inférieure est attendue en réponse aux stimuli multisensoriels par rapport aux stimuli unisensoriels, ce qui reflète une intégration facilitée des informations multisensorielles (Spence et al., 2001; Stevenson et al., 2014). En revanche, il est probable que cette différence ne soit pas observée chez les enfants autistes, conformément aux résultats d'études cognitives qui ont montré une réduction voir une absence d'effet de facilitation de traitement des stimuli multisensoriels (Ainsworth et al., 2021; Collignon et al., 2013; Crosse et al., 2022; Ostrolenk et al., 2019; Siemann et al., 2020; Stevenson et al., 2014).

4. Évolution de la réactivité électrodermale avec l'âge

La RED devrait diminuer avec l'âge chez les enfants au développement typique, en lien avec la maturation du SNA (Bari et al., 2020; Bufo et al., 2022). Cette diminution pourrait ne pas être observée chez les enfants autistes, où la maturation du système nerveux pourrait suivre une trajectoire différente.

En isolant chaque modalité sensorielle et en modulant les conditions expérimentales, cette étude contribuera à mieux caractériser la nature des différences de traitement sensoriel chez les enfants autistes par rapport aux enfants au développement typique et à mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à ces différences.

II.2. Méthodologie

II.2.A. Éthique

Une première demande a été effectuée en mai 2022 sous la catégorie RIPH3 et étudiée par le Comité de Protection des Personnes (CPP) Ouest V. Après examen du dossier, le comité a requalifié l'étude en catégorie RIPH2 en raison de la vulnérabilité de la population étudiée, de l'appareillage (électrodes pour relever la RED) et de l'exposition à des stimulations sensorielles. Suite à cet avis, le cadre éthique de la recherche a été retravaillé. La seconde demande a été soumise au CPP Sud-Ouest et Outre-Mer II, qui a émis un avis favorable le 09/08/2022 (voir Annexe 5). Cet avis a été transmis à l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé (ANSM) le 20/09/2022.

Concernant la sécurité des données, les informations personnelles des participants ont été traitées de manière confidentielle, conformément à la loi du 6 janvier 1978 modifiée, dite « Loi Informatique et Libertés », et au Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD). Le traitement des données personnelles dans le cadre de cette recherche est conforme à une Méthodologie de Référence (MR*) MR-001, établie par la Commission Nationale Informatique et Liberté (CNIL). Les données des participants ont été pseudoanonymisées par l'attribution d'un code d'identification composé du numéro de groupe et d'un numéro propre à chaque participant. Les participants du groupe contrôle ont été inscrits dans le fichier national des personnes se prêtant à des recherches impliquant la personne humaine (VRB ; Volontaire Recherche Biomédicale).

Conformément à l'article L. 1121-10 du Code de la Santé Publique (CSP), et pour couvrir sa responsabilité ainsi que celle de toute personne intervenant dans la réalisation de la recherche, l'UPN (promoteur) a assuré les risques encourus, en application du principe selon lequel l'État est son propre assureur.

II.2.B. Recrutement

Les participants ont été recrutés à travers plusieurs structures partenaires.

Pour les participants du groupe autiste, une convention de collaboration a été établie entre l'UPN et le Centre Hospitalier Intercommunal de Créteil (CHIC) (voir Annexe 6). Les enfants et adolescents ont été recrutés par l'intermédiaire de leur médecin référent à l'hôpital.

Les soignants ont proposé l'étude aux familles et, après leur accord, les investigateurs ont contacté les représentants de l'autorité parentale afin de leur expliquer le déroulement de l'étude ainsi que les modalités de participation.

En parallèle, l'étude a bénéficié du soutien du programme Tedis (Troubles du NeuroDéveloppement Information System), un système d'information dédié à la collecte de données cliniques issues des bilans de patients présentant un trouble du neurodéveloppement. Ce programme, qui regroupe plusieurs hôpitaux franciliens, nous a permis de recruter quelques participants.

Des organismes tels que le Centre Ressource Autisme Île-de-France (CRAIF), les mairies de la ville de Créteil et de Joinville-Le-Pont, ainsi que le R.E.L.A.I Jeunesse de Saint-Maur, ont aidé à la diffusion de l'étude pour les recrutements. Un site internet dédié à l'étude a également été créé afin de centraliser les informations et faciliter la diffusion des détails de la recherche [4].

Les participants du groupe contrôle ont été recrutés au sein de la LabSchool Paris, une école bilingue qui applique une pédagogie fondée sur les avancées récentes de la recherche et collabore régulièrement avec des chercheurs [5]. La participation des élèves du groupe contrôle s'est déroulée au sein de l'établissement.

Tous les participants ainsi que les titulaires de l'autorité parentale devaient avoir lu et signé le formulaire de consentement (voir Annexe 7). La lettre d'information, adaptée aux différents publics selon les normes FALC (Facile à Lire et à Comprendre), a été lue et comprise par tous les participants (voir Annexe 8A pour les parents et Annexe 8B pour les enfants et adolescents).

II.2.C. Participants

Quarante-deux enfants et adolescents ont participé à cette étude (21 autistes et 21 contrôles). Les données de cinq participants ont été exclues suite à l'analyse du signal électrodermal, car elles n'étaient pas exploitables (perte de signal due à des mouvements). La

[4] http://autismsensoryconstellation.fr
[5] https://www.labschool.fr

taille de l'échantillon final était donc de 37 participants, comprenant 16 enfants autistes (16 garçons) et 21 enfants au développement typique (11 filles et 10 garçons). La taille de l'échantillon, bien que restreinte, reste supérieure à celle requise selon le calcul effectué avec G*Power 3.1 (Faul et al., 2007), qui indiquait 18 participants pour une taille d'effet de 0,25, une puissance de .90 et un risque d'erreur $\alpha = 0,05$.

Les critères d'inclusion pour les participants à l'étude étaient les suivants : âge compris entre 6 et 17 ans, absence de maladies génétiques (telles que le syndrome de l'X fragile, syndrome de Down, syndrome de Williams), absence d'épilepsie et absence de déficience visuelle ou auditive. Les enfants et adolescents du groupe autiste devaient avoir un diagnostic validé par un psychiatre ou pédopsychiatre avant la passation.

Neuf participants présentaient une ou plusieurs comorbidités neurodéveloppementales (7 autistes et 2 contrôles), et quatre participants une ou plusieurs comorbidités psychiatriques (2 autistes et 2 contrôles) (Tableau 34).

Tableau 34

Caractéristiques des participants

***N* = 37**	**Autiste (*n* = 16)**			**Contrôle (*n* = 21)**		
	M	ET	Intervalle	M	ET	Intervalle
Âge (années)	11,4	3,4	7,0 – 17,0	9,7	2,6	6,0 – 14,0
QI Verbal (ICV)	88,7	21,0	59 – 121	111,9	10.6	86 – 127
Comorbidité neurodéveloppementale	7			2		
Comorbidité psychiatrique	2			2		
Âge premiers mots (mois)	26,0	13,9	6 – 60	13,7	3,9	9 – 22
Âge premiers pas (mois)	18,3	10,9	8 – 48	13,2	1,9	9,5 – 17
Structure de soin	10			2		
Suivi thérapeutique	17			4		
Traitements médicamenteux	3			2		
Problème de sommeil	6			2		
Sélectivité alimentaire	7			3		

II.2.D. Matériel

Questionnaire sociodémographique

Le questionnaire sociodémographique devait être complété par les parents avant les tests. Ils y indiquaient la présence de comorbidités neurodéveloppementales ou psychiatriques chez leur enfant, ainsi que le type de prise en charge dont celui-ci bénéficiait et la structure associée (IME, CAMSP, SESSAD, etc.). Les informations sur la prise de médicaments étaient également collectées. Le questionnaire abordait en outre les problèmes de sommeil, en demandant aux parents de préciser si leur enfant avait des difficultés d'endormissement, des réveils nocturnes ou des réveils précoces. La sélectivité alimentaire était également examinée, avec des questions portant sur les préférences ou aversions de l'enfant en termes de texture, couleur, température, odeur, goût ou aspect des aliments. Enfin, les parents devaient indiquer l'âge des premiers mots et des premiers pas de leur enfant, exprimé en mois.

Quotient intellectuel verbal

Le quotient intellectuel verbal, qui correspond à l'indice de compréhension verbale (ICV) de la WISC-5, a été évalué auprès de 35 participants. L'ICV se composait de deux subtests : similitudes et vocabulaire. Le subtest similitudes comportait 23 items dans lesquels les participants devaient expliquer en quoi deux mots se ressemblaient. Le subtest vocabulaire, quant à lui, comprenait 29 items, où les participants devaient fournir une définition simple du mot proposé. Dans les deux subtests, l'évaluation était interrompue après trois réponses consécutives notées 0.

Stimuli sensoriels

Les stimuli visuels, auditifs et audiovisuels ont été projetés sur un écran tactile ViewSonic TD2230 22" (marquage CE), avec une résolution de 1920 x 1080 pixels. L'écran était positionné à 60 cm des participants, à hauteur des yeux pour assurer une perception optimale. Les stimuli ont été conçus à partir d'une sélection des codes identifiés pour les canaux sensoriels de l'audition et de la vision lors de l'étude qualitative sur les descriptions du traitement sensoriel des personnes autistes, recueillies auprès des parents (Brouche et al., 2024) (cf. section I.2.E). Pour l'audition, les codes de sensibilité au bruit, gestion du bruit et filtrage du bruit ont été sélectionnés. En ce qui concerne la vision, le code autostimulation regroupait

la luminosité, le mouvement, l'alignement et la rotation, ces deux derniers ayant été transformés en alternance de champs visuels.

Les stimuli visuels, auditifs et audiovisuels, créés par SB, ont été présentés aux participants avec un ajout progressif de stimulations à chacune des trois expositions.

- Pour les stimuli visuels, les participants regardaient un paysage défilant par la fenêtre d'un train en mouvement. Trois vidéos d'une minute ont été présentées :
  (1) la première montrait un paysage en mouvement ;
  (2) la deuxième ajoutait une alternance de champs visuels (proche/loin) au paysage en mouvement ;
  (3) la troisième introduisait des variations de lumière, combinées aux alternances de champs visuels.
- Pour les stimuli auditifs, les participants, équipés d'un casque, étaient exposés à l'ambiance sonore d'un train. Trois enregistrements audio d'une minute ont été présentés :
  (1) le premier diffusait le bruit de fond du train en marche ;
  (2) le deuxième ajoutait une conversation entre passagers ;
  (3) le troisième combinait les deux précédents avec une sonnerie de téléphone intempestive.
- Enfin, pour les stimuli audiovisuels, une série de trois vidéos d'une minute, combinant les vidéos et les enregistrements audio correspondants, a été présentée :
  (1) 1ère vidéo avec 1er audio ;
  (2) 2e vidéo avec 2e audio ;
  (3) 3e vidéo avec 3e audio.

L'application expérimentale

Une application a été développée exclusivement dans le cadre de ce projet. Elle a permis de recueillir de façon automatisée les informations sociodémographiques, de présenter les

stimuli sensoriels, et d'administrer des tests neuropsychologiques [6]. Les résultats étaient exportés automatiquement au format Excel dans la rubrique « Documents » de l'ordinateur. InTEnSeA© a été développé en langage C++, Dépendance QT version 6. L'application est sous licence CeCILL. Le fichier exécutable Mac et Windows est téléchargeable sur Git (https://github.com/sbrouche/InTEnSeA) et le code source sur OSF (https://osf.io/a7g84/).

Réactivité électrodermale

La réactivité électrodermale correspond à l'activité des glandes sudoripares, un indicateur neurovégétatif des activations cérébrales sous-tendant différents états cognitifs. L'appareil eSense skin response Mindfield® (alimentation sur batterie, marquage CE) a été utilisé dans cette étude pour mesurer le signal électrodermal lors de la présentation des stimuli sensoriels. L'activité électrodermale a été enregistrée à l'aide de deux électrodes de gel palmaire à usage unique de la marque Mindfield® et 3M Red Dot™, adaptées aux enfants. Ces électrodes étaient placées sur la main non dominante des participants, au niveau des régions hypothénar et thénar de la main (Figure 25a). L'indice relevé correspondait à la réponse cutanée sympathique, exprimée en microsiemens (*µS)*, également connue sous le nom de *Sympathetic Skin Response* (SSR). L'outil était relié à un smartphone ou une tablette pour relever les mesures (Figure 25b), avec un enregistrement à une fréquence d'échantillonnage de 5 Hz. Tous les résultats étaient ensuite exportés au format CSV. Une ligne de base d'une minute a été relevée pour chaque participant en début de test, suivie de l'exposition à des stimuli sensoriels d'une minute chacun. Le signal électrodermal a été relevé lors de chaque exposition, pour un total de neuf mesures. Quatre paramètres ont été extraits du signal pour l'analyse :

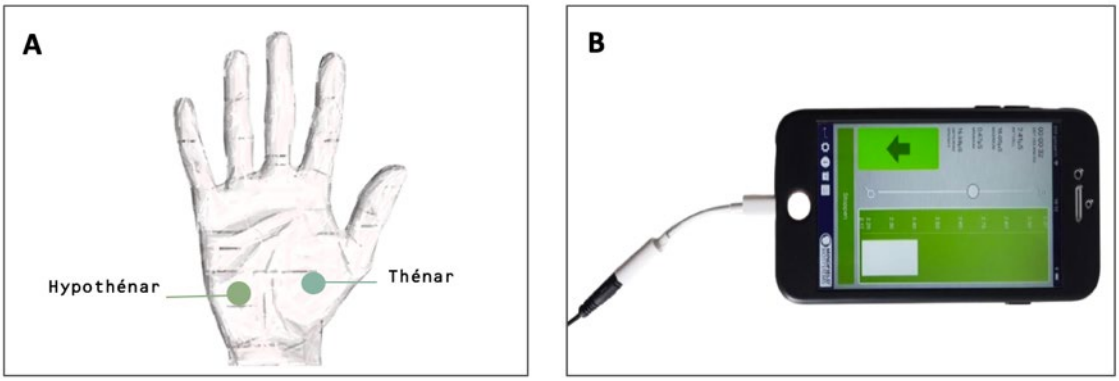
- Le SCL représente l'excitation de base du SNS ;
- La SCR correspond à une fluctuation phasique de la conductance cutanée en réponse à un stimulus spécifique ;
- Le taux moyen de pics par minute représente le nombre de fluctuations distinctes de la conductance cutanée par minute, enregistrées lors de chaque exposition ;

[6] Les tests neuropsychologiques, conçus pour évaluer la mémoire et l'attention, visaient à examiner l'impact du traitement des informations sensorielles sur les composantes cognitives. Cependant, ils ne sont pas présentés dans cette étude en raison du nombre insuffisant de participants.

- L'amplitude de la réponse SCR est calculée en fonction de la différence entre la valeur de la conductance avant le stimulus et le pic enregistré après celui-ci.

Figure 25

Dispositif électrodermal



Note. (A) positionnement des électrodes ; (B) application Mindfield® Biosystem.

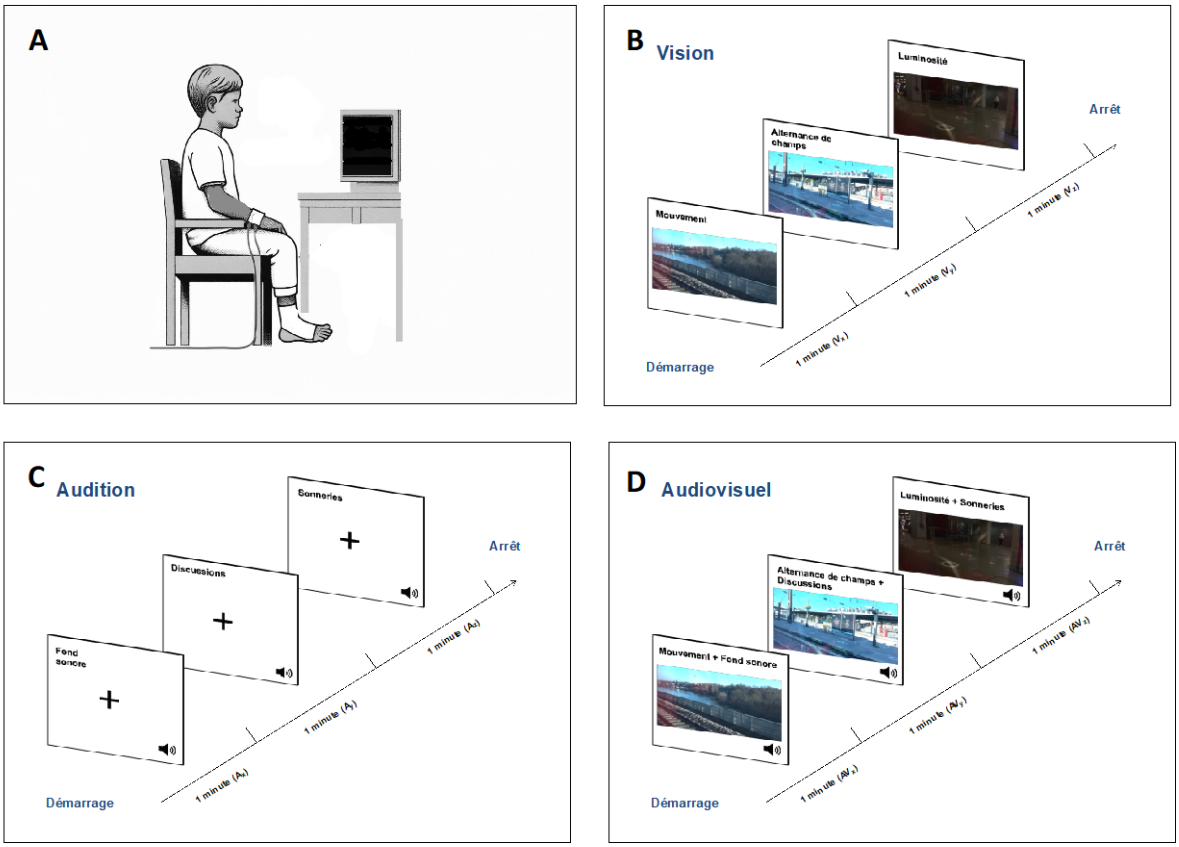
II.2.E. Déroulement de l'étude

Les passations à l'hôpital ont été réalisées par moi-même (SB), tandis que celles à l'école ont été effectuées avec l'assistance d'une stagiaire (Sholeh Alizadeh Kashani, L3 psychologie) et d'une volontaire en service civique à la LabSchool (Emma Lahuppe, master psychologie). Dans un premier temps, les questionnaires sociodémographiques ont été complétés par les parents des participants. Avec les enfants, l'ensemble du test durait environ une heure. Un temps de familiarisation avec le matériel, de 10 à 15 minutes, était proposé aux enfants. Ensuite, le test du QI verbal était administré (environ 15 minutes), suivi de la pose des électrodes et de l'exposition aux stimuli sensoriels (30 minutes) (Figure 26a). Un geste prédéterminé avec les enfants permettait de stopper le test à leur demande. Si l'investigateur détectait des signes d'agitation majeure, de stress ou d'inconfort, la tâche était immédiatement interrompue. Tout d'abord, une ligne de base (*baseline*) a été enregistrée. Si aucune anomalie n'était détectée dans le signal et si l'enfant ne manifestait aucun malaise vis-à-vis du matériel, le reste du test était administré (Figure 26b, c, d). Chaque exposition avait une durée d'une minute. À l'issue du test, on demandait au participant s'il avait des questions sur l'ensemble de la procédure, et on le remerciait de sa participation.

Globalement, les participants ont montré de l'intérêt pour le test et l'ont bien toléré. Certains enfants ont exprimé une légère réticence au début concernant la pose des électrodes, mais cela a été rapidement surmonté grâce au temps de familiarisation et aux explications fournies. Pour les plus jeunes, un modèle d'électrodes était montré sur un ours en peluche avant de les poser sur leur main. Plusieurs participants se sont montrés curieux du fonctionnement du matériel et des stimuli présentés, et ont posé des questions à la fin du test.

Figure 26

Procédure d'administration des stimuli



Note. (A) schéma de la disposition du participant face à l'écran. (B) V_x = mouvement ; V_y = ajout d'une alternance champs visuels proches/éloignés ; V_z = ajout de variation de lumière. (C) A_x = fond sonore ; A_y = ajout discussion de personnes à proximité ; A_z = ajout d'une sonnerie de smartphone intempestive. (D) = $AV_x = V_x + A_x$; $AV_y = V_y + A_y$; $AV_z = V_z + A_z$.

II.2.F. Traitement des données

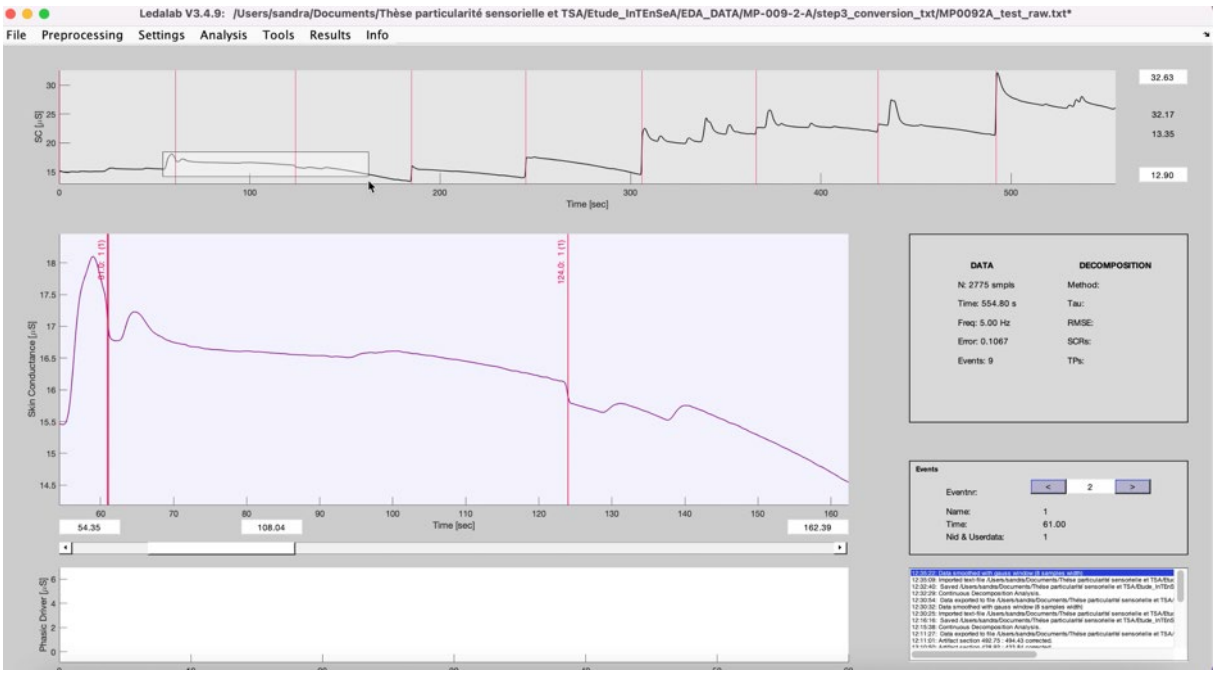
Le signal électrodermal a été traité avec Ledalab V3.4.9, qui est un logiciel basé sur Matlab pour l'analyse de données de conductance cutanée. Les données ont d'abord été importées selon le format requis par le logiciel (.xlsx). Deux fichiers ont été importés pour chaque participant : un fichier comportant le signal de la ligne de base, et un autre fichier contenant le signal lors de l'exposition aux stimuli sensoriels avec le moment de début de chaque événement indiqué. Pour chaque fichier, importé dans Ledalab au format .txt, trois colonnes ont été créées :

- Colonne 1 : temps en ms (fréquence 5Hz, soit toutes les 200ms) ;
- Colonne 2 : SSR ;
- Colonne 3 : événements, marqués 1 ou 0.

Les deux fichiers de chaque participant ont été importés dans Ledalab au format .txt. Le prétraitement des données a inclus l'application d'un lissage des données (*window width* 8, type *gauss window)* et une correction manuelle des artefacts via l'interface graphique (Figure 27).

Figure 27

Interface graphique Ledalab pour le prétraitement du signal électrodermal



Une *Continuous Decomposition Analysis* (CDA) a été appliquée afin de décomposer les phases toniques et phasiques du signal (Benedek & Kaernbach, 2010). Le modèle de décomposition du signal électrodermal $S(t)$, est défini selon les auteurs comme suit :

$$S(t) = SCL(t) + \sum_{i=1}^{n} SCR_i(t) + \epsilon(t)$$

- $S(t)$ est le signal de conductance cutanée observé (Figure 27).
- $SCL(t)$ est la composante tonique, représentant l'état de base de la conductance cutanée de l'individu (Figure 28).
- $SCR_i(t)$ est la composante phasique, représentant les réponses rapides et spécifiques aux stimuli (Figure 28).
- $\epsilon(t)$ est un terme d'erreur (bruit).

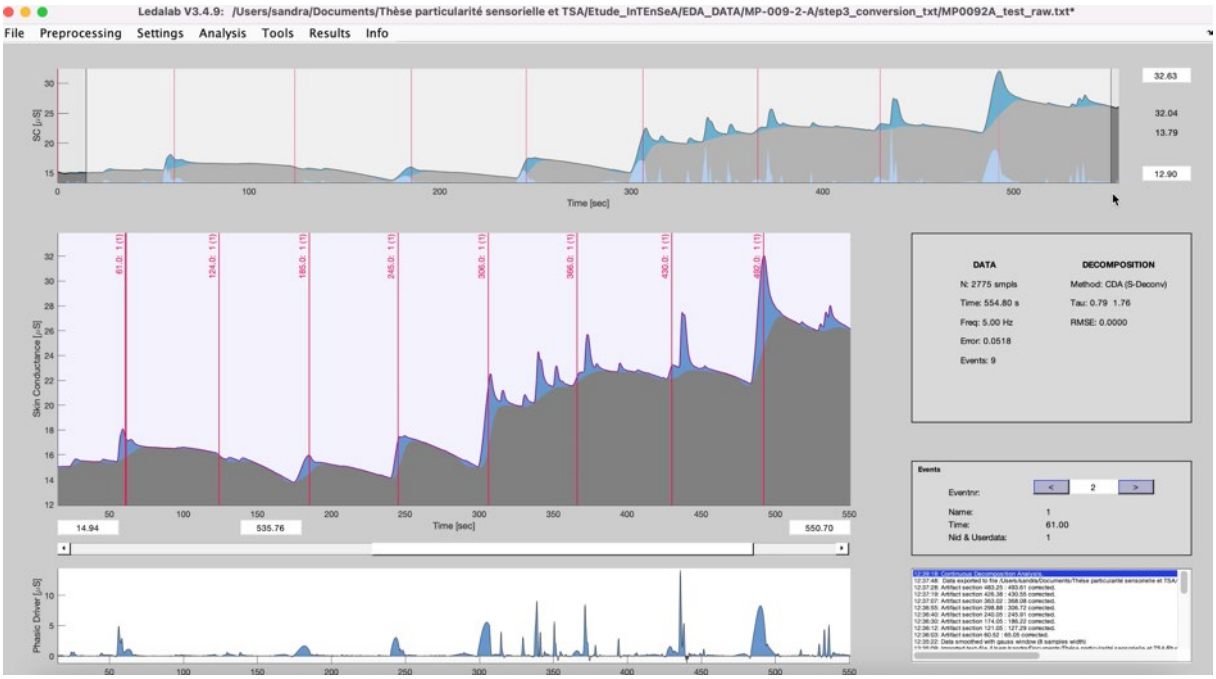
Dans laquelle, la composante phasique $SCR_i(t)$ est modélisée par une fonction de réponse exponentielle :

$$SCR_i(t) = A_i \times e^{-(t-t_i)/\tau}$$

- A_i est l'amplitude de la réponse phasique.
- t_i est le temps de début de la réponse phasique.
- τ est la constante de temps (fixée dans Ledalab entre 1 et 3 secondes).

Figure 28

Exemple d'une analyse de décomposition du signal continu (CDA) sur Ledalab



Note. La courbe grise représente la composante SCL (tonique) et la courbe bleue représente la composante SCR (phasique).

Les résultats ont été exportés au format .csv et regroupés dans un vecteur de structure Matlab. Le signal électrodermal complet des participants est accessible sur OSF (https://osf.io/yvfsn). Pour les analyses, les moyennes des signaux SCL et SCR ont été calculées pour chaque exposition et intégrées dans un tableau csv (https://osf.io/ueqr4). L'amplitude des SCR, ainsi que le taux de pics, ont été extraits pour chaque participant et ajoutés au tableau de données. Ce tableau a ensuite été importé dans RStudio (version 2024.04.2+764) utilisant R (version 4.4.1) pour procéder aux analyses statistiques. L'intégralité du script est également disponible en ligne (https://osf.io/v4f6j). Une synthèse des étapes de recueil et du traitement des données est présentée dans le tableau 35.

Tableau 35

Synthèse des étapes du recueil et du traitement des données de l'étude InTEnSeA

Recueil des données
Complétion des questionnaires sociodémographiques (parents)
Temps de familiarisation avec le matériel pour les enfants
Administration du test de QI verbal
Pose des électrodes
Enregistrement de la ligne de base
Exposition aux stimuli sensoriels (neuf expositions au total)
Surveillance des signes de malaise
Conclusion du test
Traitement des données
Importation des données électrodermales dans Ledalab
Prétraitement des données
Application de la CDA
Exportation des résultats
Calcul des moyennes
Analyse statistique dans RStudio
Publication des données

Dans cette étude, notre variable indépendante correspond au groupe de participants, qui comporte deux modalités (autiste vs contrôle). La réactivité électrodermale (SCL/SCR/amplitude/pic) constitue nos quatre variables dépendantes. Nous avons utilisé un plan d'expérience à groupes indépendants avec mesures répétées (neuf expositions et une ligne de base). Une analyse intergroupe (autiste vs contrôle) et intragroupe (différences entre les expositions) a été réalisée pour les quatre variables dépendantes. Afin de déterminer le test statistique le plus approprié pour notre échantillon, nous avons d'abord vérifié la normalité des distributions à l'aide d'approches empiriques et graphiques. En raison de la présomption de non-normalité des données et de la taille restreinte de notre échantillon, nous avons opté pour des tests non paramétriques : le test de Wilcoxon-Mann-Whitney pour examiner l'effet intergroupe et le test de Friedman pour l'effet intragroupe. Enfin, une exploration de la relation entre l'âge et la réponse électrodermale des participants a été réalisée à l'aide d'une représentation visuelle sous forme de nuage de points.

II.3. Résultats

II.3.A. Variables sociodémographiques

Les données de 37 participants ont été analysées, dont 16 participants avec un diagnostic d'autisme et 21 participants au développement typique. Une vérification a été effectuée pour déterminer si les variables telles que l'âge, l'ICV, l'âge des premiers pas et des premiers mots suivaient une distribution normale et s'il existait des variations significatives entre les deux groupes. Les vérifications graphiques, par Q-Q plots, ont été effectuées avant les tests statistiques pour chaque variable (cf. Annexe 9A, Figures 33-36, pour un total de $n = 8$ Q-Q plots). Les résultats statistiques obtenus pour les quatre variables sont présentés dans le tableau 36 et expliqués ci-dessous. Le test de Shapiro-Wilk a été appliqué pour vérifier l'hypothèse de normalité, en raison de sa puissance particulièrement adaptée aux petits échantillons. Ensuite, le test non-paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney a été utilisé pour vérifier les différences entre les deux groupes, compte tenu de la non-normalité des distributions et de la petite taille de l'échantillon.

Tableau 36

Résultats des tests de Shapiro-Wilk et Wilcoxon sur les variables sociodémographiques : normalité et différences entre groupes

Tests statistiques	**Shapiro-Wilk**				**Wilcoxon**	
	Groupe contrôle		Groupe autiste		Contrôle vs autiste	
Variables	W [a]	*p-value*	W [a]	*p-value*	W [b]	*p-value*
Âge de l'enfant	0,97	0,78	0,91	0,06	217	0,13
Indice de compréhension verbale	0,92	0,23	0,92	0,01	53,50	<0,001***
Âge des premiers mots	0,85	0,02*	0,77	<0,001***	224,50	0,08
Âge des premiers pas	0,68	<0,001***	0,56	<0,001***	102	0,04*

Note. [a] Le résultat du test de Shapiro-Wilk noté W varie entre 0 et 1. Plus la valeur de W est proche de 1, plus les données sont susceptibles de suivre une distribution normale. [b] Le résultat W du test de Wilcoxon compare les rangs des deux échantillons. Plus la valeur est proche de 0 ou faible, plus cela indique une différence entre les groupes.

Analyse de la normalité des distributions

Les deux groupes d'enfants ne présentent pas de différence significative en ce qui concerne l'âge et l'indice de compréhension verbale (ICV), et les tests ne détectent aucune déviation par rapport à une distribution normale. En revanche, les distributions de l'âge des premiers mots et des premiers pas ne suivent pas une loi normale pour les deux groupes.

Analyse des différences entre groupes

Il n'a pas été observé de différence significative concernant l'âge entre les deux groupes, bien que les enfants autistes soient en moyenne âgés de 19 mois de plus que les enfants au développement typique (cf. Tableau 34). La différence concernant l'âge des premiers mots n'apparaît qu'en tendance ($m_{autiste} = 26$ mois ; $m_{contrôle} = 13,7$ mois), tandis qu'elle est significative pour l'âge des premiers pas ($m_{autiste} = 18,3$ mois ; $m_{contrôle} = 13,2$ mois). En revanche, l'ICV est très différent entre les groupes, avec une différence moyenne de 23,2 points ($m_{autiste} = 88,7$; $m_{contrôle} = 111,9$) (cf. Tableau 34).

En conclusion, si aucune différence significative n'a été observée pour l'âge et l'âge des premiers mots, les résultats suggèrent que l'ICV et l'âge des premiers pas distinguent les enfants autistes de ceux au développement typique, mettant en lumière des spécificités développementales dans les domaines verbal et moteur chez les enfants autistes de notre échantillon.

II.3.B. Normalité des paramètres de la RED

Cette section présente la vérification de la normalité des paramètres de la réactivité électrodermale concernant quatre variables :

- le *skin conductance level* (SCL), qui correspond à l'état de base ;
- la *skin conductance response* (SCR), qui représente une réponse spécifique de l'individu à une stimulation ;
- l'amplitude des réponses SCR, qui indique l'intensité de la réponse électrodermale ;
- et le taux moyen de pics par minute, qui reflète la fréquence des variations de l'activité électrique de la peau.

Pour chaque variable (n = 4), la ligne de base et les neuf expositions de la RED ont été analysées, soit 40 * 10 analyses * 2 groupes. En raison de la densité des analyses (n = 80), les résultats détaillés ont été placés en annexe (9B-9D).

Analyse graphique de la normalité

L'approche graphique a révélé des écarts par rapport à une distribution normale, notamment dans le groupe autiste, où des asymétries plus marquées que dans le groupe contrôle ont été observées (cf. Annexe 9B, Figures 37-40). Bien que les distributions du groupe contrôle soient globalement plus compactes, certaines expositions ont suscité également des déviations par rapport à la normalité. Cette approche a été complétée par une vérification statistique à l'aide du test de Shapiro-Wilk.

Analyses statistiques de la normalité

- **SCL**

Les résultats concernant les distributions de la SCL ont montré que l'hypothèse de normalité n'est pas rejetée pour le groupe contrôle (10 expositions sur 10), tandis qu'elle l'est au sein du groupe autiste (10 expositions sur 10) (cf. Annexe 9C, Tableau 45).

- **SCR**

Les tests administrés pour la SCR ont indiqué que la plupart des distributions ne suivent pas une loi normale, quel que soit le groupe : 7 expositions sur 10 pour le groupe contrôle et 6 expositions sur 10 pour le groupe autiste (cf. Annexe 9C, Tableau 46).

- **Amplitude des réponses SCR**

L'hypothèse de normalité concernant les moyennes des amplitudes des réponses SCR a été clairement rejetée pour le groupe autiste (10 expositions sur 10), et majoritairement rejetée pour le groupe contrôle (7 expositions sur 10) (cf. Annexe 9C, Tableau 47).

- **Taux moyens de pics**

En ce qui concerne les distributions des taux moyens de pics, les tests statistiques ont indiqué que l'hypothèse de normalité ne peut être rejetée pour les deux groupes : 1 exposition

sur 10 pour le groupe contrôle et 4 expositions sur 10 pour le groupe autiste (cf. Annexe 9C, Tableau 48).

Analyses statistiques complémentaires de la normalité (test de kurtosis)

En complément de ces analyses, et afin de mieux comprendre pourquoi certaines données ne suivent pas une loi normale, une analyse de la concentration des valeurs a été effectuée par le calcul du kurtosis (cf. Annexe 9D, Tableaux 49-52). Cette analyse a indiqué la présence d'éventuelles valeurs extrêmes (ou *outliers*). Deux distributions de données ont été identifiées comme leptokurtiques pour les SCR, quatre pour l'amplitude et une pour les pics (c.-à-d. ayant plus de valeurs extrêmes que la distribution normale). Cela souligne la présence de valeurs extrêmes dans certaines de nos distributions et justifie l'utilisation de tests non paramétriques.

Conclusion sur la normalité des paramètres de la RED

En résumé, la vérification de la normalité des données a mis en évidence que les distributions présentent davantage de variabilité au sein du groupe autiste que dans le groupe contrôle. En raison de la non-normalité des données, en particulier dans le groupe autiste, une approche non paramétrique sera utilisée pour faire les comparaisons de moyennes entre les deux groupes.

II.3.C. Tests des hypothèses

Dans cette partie, nous avons testé les quatre paramètres électrodermaux pour les trois premières hypothèses de l'étude. L'effet intergroupe a été vérifié en appliquant le test de Wilcoxon-Mann-Whitney sur les quatre variables dépendantes (VD) x 10 expositions x 2 groupes (H1). L'effet intragroupe a été exploré avec le test de Friedman pour analyser les différences au sein des groupes appariés (H2 et H3). Enfin, une visualisation graphique par nuage de points a été effectuée pour vérifier la présence de clusters d'âge concernant les quatre paramètres électrodermaux (H4).

H1 : La RED des enfants du groupe autiste est significativement différente de celle du groupe contrôle lors de l'exposition à des stimuli unisensoriels et multisensoriels.

Les différences de RED entre les enfants du groupe autiste et ceux du groupe contrôle pour chacune des quatre VD ont été explorées d'abord lors de la *baseline*, puis lors des

expositions unisensorielles (visuelles et auditives) et enfin multisensorielles (audiovisuelles). Les résultats des analyses seront présentés sous forme de tableau inséré dans le corps du texte. Les résultats complets seront présentés en annexe 9E étant donné leur nombre très élevé.

- **Baseline**

Les *baseline* des réponses SCR, SCL et de l'amplitude des réponses SCR ont montré une différence significative entre les participants du groupe autiste et ceux du groupe contrôle, avec des moyennes plus faibles dans le groupe autiste (Tableau 37). En revanche, la différence concernant la mesure des taux de pics moyens pour la *baseline* entre les deux groupes n'est significative qu'en tendance, avec des moyennes de pics plus élevées dans le groupe autiste.

Tableau 37

Résultats du Wilcoxon-Mann-Whitney concernant la baseline entre les deux groupes

Tests statistiques (H1) – Baseline						
	Groupe contrôle		**Groupe autiste**		**Wilcoxon-Mann-Whitney**	
Variables	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	13,86	6,68	8,85	5,10	91	0,02*
SCR	0,79	0,32	0,55	0,35	99	0,04*
Amplitude	0,48	0,38	0,24	0,20	85	0,01**
Pics	29,52	4,94	34,41	7,52	228	0,07

- **Expositions visuelles et auditives**

Les mesures de la SCL dans la condition visuelle ont révélé une différence significative entre les enfants du groupe autiste et ceux du groupe contrôle, avec des valeurs systématiquement plus élevées dans le groupe contrôle (Tableau 38). L'amplitude des réponses SCR a montré une différence significative uniquement pour la première exposition visuelle. Aucune différence n'a été observée pour les mesures SCR et les pics.

Lors des expositions auditives, les mesures de la SCL se sont toujours montrées significativement plus élevées dans le groupe contrôle par rapport au groupe autiste (Tableau 38). Une différence significative a été observée pour la mesure de la SCR uniquement pendant la première exposition auditive et pour l'amplitude des réponses SCR lors de la troisième exposition auditive. Néanmoins, les mesures de SCR et l'amplitude des réponses SCR des expositions auditives suggèrent une tendance vers une différence, bien que celle-ci ne soit pas

statistiquement significative. Aucune différence n'a été observée pour les taux de pics entre les deux groupes.

Les tableaux plus détaillés des résultats, comprenant les moyennes et les écarts-types, sont disponibles en annexe 9E, tableaux 53-54.

Tableau 38

Résultat du test de Wilcoxon-Mann-Whitney concernant les quatre paramètres électrodermaux lors des expositions visuelles et auditives

Tests statistiques (H1) - Groupe autiste x contrôle					
Wilcoxon-Mann-Whitney					
Vision 1	W	*p-value*	**Audition 1**	W	*p-value*
SCL	67	0,001***		72	0,003**
SCR	121	0,16		94	0,02*
Amplitude	92	0,02*		109	0,07
Pics	215	0,15		187	0,57
Vision 2	W	*p-value*	**Audition 2**	W	*p-value*
SCL	65	0,001***		81	0,007**
SCR	127	0,22		106	0,06
Amplitude	139	0,38		106	0,06
Pics	133,5	0,30		162	0,87
Vision 3	W	*p-value*	**Audition 3**	W	*p-value*
SCL	70	0,002**		71	0,002**
SCR	115	0,11		108	0,07
Amplitude	121	0,16		91	0,02*
Pics	149,5	0,58		158,5	0,78

- **Expositions audiovisuelles**

Les mesures SCL et SCR sont systématiquement apparues plus élevées dans le groupe contrôle par rapport au groupe autiste, avec des différences très significatives lors des deux premières expositions (Tableau 39). Les amplitudes des réponses SCR ont montré des différences significatives lors des deux premières expositions, mais pas pour la troisième. Aucune différence n'a été observée concernant les pics dans les trois conditions audiovisuelles. Un tableau plus détaillé des résultats est disponible en annexe 9E, tableau 55.

Tableau 39

Résultat du test de Wilcoxon-Mann-Whitney concernant les quatre paramètres électrodermaux lors des expositions audiovisuelles

Tests statistiques (H1) – Groupe autiste x contrôle								
Wilcoxon-Mann-Whitney								
AV1[a]	W	*p-value*	**AV2[b]**	W	*p-value*	**AV3[c]**	W	*p-value*
SCL	78	0,005**		71	0,002**		72	0,003**
SCR	78	0,005**		82	0,008**		113	0,10
Amplitude	93	0,02*		96	0,03*		114	0,10
Pics	135	0,32		151	0,61		130	0,25

Note. [a] AV1 : Audiovisuel 1. [b] AV2 : Audiovisuel 2. [c] AV3 : Audiovisuel 3.

En conclusion, les mesures SCL ont montré des différences pour toutes les expositions des trois conditions expérimentales, tandis que la SCR et l'amplitude des réponses SCR ont présenté davantage de variabilité quant à leur significativité entre les groupes. Ces résultats valident l'hypothèse H1, confirmant que la réactivité électrodermale est significativement différente entre les enfants autistes et ceux au développement typique.

[Les hypothèses H2 et H3 sont traitées dans la même partie]

H2 : L'accumulation de présentations de stimuli sensoriels conduit à une augmentation de la réactivité électrodermale pour les deux groupes.

H3 : Alors que le signal de la RED est inférieur en situation multisensorielle par rapport à une situation unisensorielle dans le groupe des enfants au développement typique, une telle différence n'est pas observée dans le groupe des enfants autistes.

Pour évaluer l'existence d'effets intragroupes, le test de Friedman a été appliqué en raison de sa capacité à détecter des différences dans des ensembles de données comportant plus de deux mesures répétées. Les paramètres électrodermaux ont été comparés par paires au sein des groupes autiste et contrôle, en tenant compte des neuf expositions et de la condition de référence (*baseline*) (Tableau 40).

Tableau 40

Résultats du test de Friedman concernant la comparaison des moyennes de chaque paramètre électrodermal dans les groupes autiste et contrôle entre les dix expositions

Test statistique	**Test de Friedman**			
	Groupe contrôle		Groupe autiste	
Variables	$\chi^2(9)$ [a]	*p-value*	$\chi^2(9)$ [a]	*p-value*
SCL	69,09	0,001***	29,536	0,001***
SCR	35,51	0,001***	24,259	0,004**
Amplitude des SCR	46,47	0,001***	29,850	0,001***
Taux moyen de pics	18,16	0,03*	14,551	0,10

Note. [a] La valeur du test de Friedman pour chaque paramètre et groupe, avec 9 degrés de liberté.

Les analyses ont révélé des différences significatives au niveau des réponses SCL, SCR et de l'amplitude des SCR dans les deux groupes. En revanche, les analyses des taux de pics moyens ont montré des différences significatives uniquement dans le groupe contrôle.

Un test post-hoc a été appliqué pour déterminer précisément les paires de conditions présentant des différences significatives. Le test de Wilcoxon avec correction de Bonferroni a été utilisé, car il est approprié pour des données non normales au sein d'échantillons appariés. La correction de Bonferroni permet de contrôler le risque de faux positifs, qui augmente avec le nombre de comparaisons.

- **Analyses des mesures SCL**

Les mesures **SCL du groupe contrôle** ont indiqué des différences significatives pour la grande majorité des expositions (cf. Annexe 9F, Tableau 56). Les différences significatives étaient présentes entre la *baseline* et la première exposition visuelle, ainsi que pour toutes les expositions auditives et audiovisuelles. Les expositions visuelles ont présenté des différences significatives nettes avec les expositions audiovisuelles, et des différences plus contrastées avec les expositions auditives. Enfin, les expositions auditives ont montré des différences avec toutes les expositions audiovisuelles.

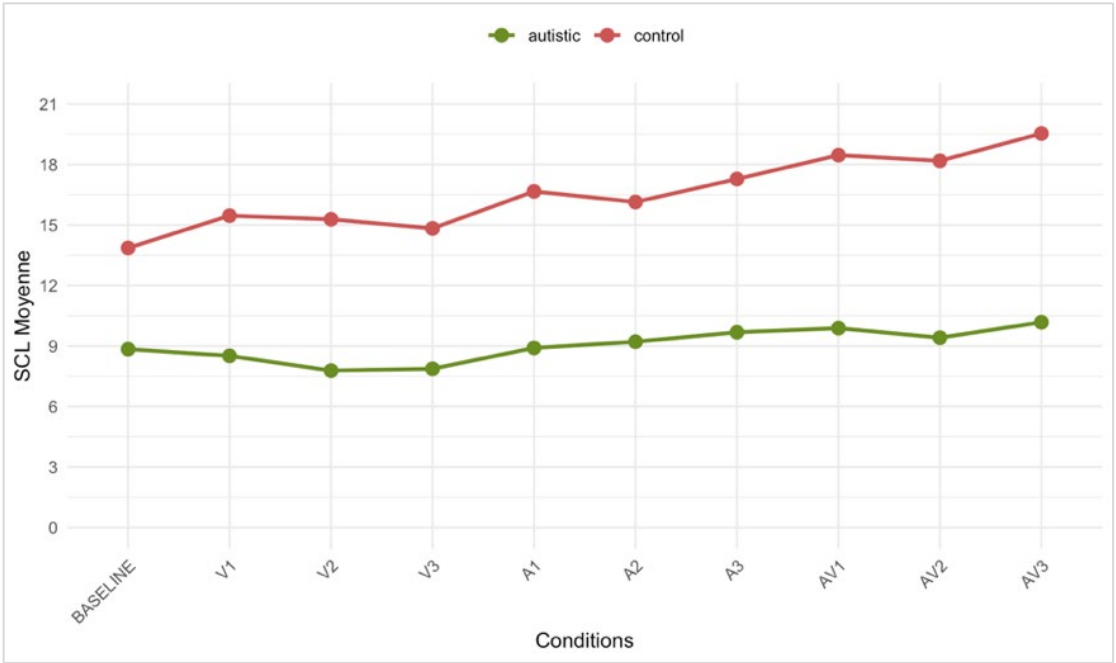
Les mesures **SCL du groupe autiste** ont montré moins de variations entre les expositions (cf. Annexe 9F, Tableau 57). Une légère baisse a été observée entre la *baseline* et la première exposition visuelle, ainsi que la deuxième. Les expositions visuelles ont également

présenté des différences significatives par rapport à certaines expositions auditives et audiovisuelles, particulièrement marquées pour la deuxième exposition visuelle. Enfin, aucune différence significative n'a été observée entre les expositions auditives et audiovisuelles.

En conclusion, les mesures SCL du **groupe contrôle** ont montré des différences significatives entre plusieurs paires de conditions, révélant une augmentation du SCL de la condition visuelle à la condition auditive, puis de la condition auditive à la condition audiovisuelle (Figure 29). En revanche, l'augmentation de la mesure SCL était moins prononcée chez les participants du **groupe autiste**. L'hypothèse d'un effet d'accumulation est donc validée uniquement dans le groupe contrôle. Concernant l'hypothèse d'une différence de traitement entre les expositions unisensorielles et multisensorielles, les comparaisons de mesures de SCL entre les différentes conditions n'ont pas permis d'objectiver de différences significatives dans les deux groupes. Cette hypothèse est donc rejetée.

Figure 29

Moyenne des SCL pour le groupe autiste et contrôle lors des expositions visuelles, auditives et audiovisuelles



Note. Note commune pour les figures 29 et 30. Les expositions visuelles sont notées V1, V2, V3. Les expositions auditives sont notées A1, A2 et A3. Les expositions audiovisuelles sont notées AV1, AV2 et AV3.

- **Analyses des mesures SCR**

Les mesures **SCR du groupe contrôle** ont montré des différences significatives entre la *baseline* et les expositions visuelles, avec une tendance à la baisse lors du passage aux expositions visuelles (cf. Annexe 9F, Tableau 58). La moyenne des réponses SCR était significativement plus faible lors des expositions visuelles par rapport aux expositions auditives et audiovisuelles chez les participants du groupe contrôle, à l'exception de V3/A1, V3/A2 et V3/AV3. Les expositions auditives et audiovisuelles n'ont pas présenté de différences entre elles.

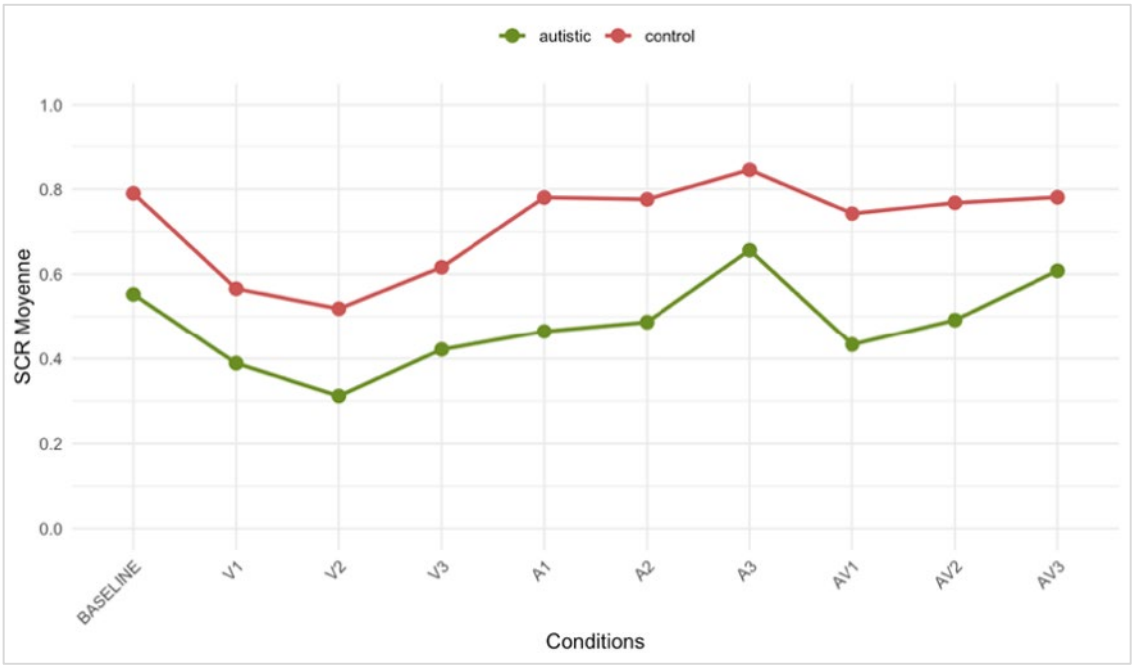
Les mesures **SCR du groupe autiste** ont révélé une tendance similaire à celle du groupe contrôle entre la *baseline* et les expositions visuelles (cf. Annexe 9F, Tableau 59). Les expositions visuelles ont présenté des différences significatives avec les expositions auditives et audiovisuelles, excepté pour V3. Il n'a pas été retrouvé de différence significative entre les expositions auditives et audiovisuelles.

Globalement, on observe une augmentation des mesures SCR pour les deux groupes au fur et à mesure des expositions visuelles et auditives (Figure 30). Cet effet est apparu plus prononcé chez les participants du groupe contrôle que chez ceux du groupe autiste. En revanche, les mesures SCR ne montrent pas d'augmentation entre les expositions auditives et audiovisuelles.

Ainsi, les mesures SCR ne permettent pas de confirmer l'hypothèse d'une différence de réactivité physiologique entre les expositions unisensorielles et multisensorielles. En revanche, l'hypothèse sur l'effet d'accumulation est partiellement validée, notamment entre les expositions visuelles et auditives pour les deux groupes.

Figure 30

Moyenne des réponses SCR pour le groupe autiste et contrôle lors des expositions visuelles, auditives et audiovisuelles



- **Analyses de l'amplitude des réponses SCR et des pics**

Les analyses menées sur l'amplitude des SCR et les pics n'ont pas révélé d'effet significatif entre les conditions, qu'il s'agisse de l'accumulation ou de la différence entre les stimuli unisensoriels et multisensoriels. Cependant, pour l'amplitude, des différences significatives ont été observées dans le groupe autiste entre les expositions visuelles et auditives. Dans le groupe contrôle, des différences ont été notées entre la *baseline* et l'exposition visuelle, ainsi qu'entre les expositions visuelles et auditives. Concernant le taux de pics moyen, une différence significative a été détectée dans le groupe contrôle uniquement entre une exposition visuelle et une exposition auditive.

Les résultats des tests post-hoc ont permis de mettre en évidence la présence d'un effet d'accumulation du traitement de l'information sensorielle pour les mesures SCL et, de façon partielle, pour les mesures SCR du groupe contrôle (vision – audition). L'effet d'accumulation est aussi partiel pour les mesures SCR du groupe autiste et n'apparaît pas pour les mesures SCL. En revanche, les quatre paramètres électrodermaux n'ont pas révélé de différence de traitement entre les expositions unisensorielles et multisensorielles. L'hypothèse H2 est partiellement validée tandis que l'hypothèse H3 est rejetée.

H4 : Quelle que soit la nature des stimuli unisensoriels ou multisensoriels, la RED diminue avec l'âge chez les participants du groupe contrôle, alors qu'elle reste constante avec l'âge chez les participants autistes.

Dans cette dernière partie de l'analyse, la relation entre l'âge et la réponse électrodermale lors du traitement de l'information sensorielle a été examinée via des nuages de points afin de déterminer si des clusters d'âges pouvaient être identifiés. Cependant, aucun regroupement distinct n'a été observé pour les mesures SCR et SCL dans les deux groupes (cf. Annexe 9G, Figure 41). Des analyses similaires ont été appliquées à l'amplitude des SCR et au taux de pics moyen, avec des résultats similaires.

En raison de l'absence de tendance évidente entre l'âge et les scores obtenus lors de l'inspection visuelle, il n'a pas été jugé pertinent de poursuivre les tests statistiques. Les résultats obtenus n'ont pas permis de confirmer l'hypothèse selon laquelle les enfants les plus jeunes présenteraient une RED plus élevée lors de l'exposition aux stimuli sensoriels par rapport aux enfants plus âgés dans le groupe contrôle, et donc de faire des comparaisons avec les enfants autistes.

II.4. Discussion

Cette étude avait pour objectif d'explorer les différences de réactivité physiologique entre des enfants autistes et des enfants au développement typique lors d'une tâche de traitement de stimuli unisensoriels et multisensoriels. La réactivité physiologique a été mesurée à l'aide de la RED. Les résultats ont mis en évidence une différence significative de la réponse électrodermale entre les deux groupes. Plus précisément, les enfants autistes ont montré une réponse électrodermale significativement plus faible, tant pour la composante phasique (SCR) que tonique (SCL), par rapport aux enfants du groupe contrôle. Concernant les différences de traitement entre les stimuli unisensoriels et multisensoriels, aucune différence significative n'a été observée, quel que soit le groupe. Cependant, un effet d'accumulation, induit par l'exposition progressive aux stimuli, a été observé au sein du groupe contrôle pour la composante tonique. Cet effet n'a pas été retrouvé pour le groupe autiste. Enfin, l'inspection de la réponse électrodermale en relation avec l'âge n'a révélé aucun effet notable.

II.4.A. Hypothèses 1 et 2 : Différences de réactivité électrodermale entre enfants autistes et enfants au développement typique, et impact de l'accumulation sensorielle

Le premier résultat clé de l'étude concerne la différence de réponse électrodermale lors du traitement de stimuli sensoriels à l'état de repos (*baseline*). Le signal moyen obtenu s'est révélé significativement plus faible chez les enfants autistes par rapport aux enfants au développement typique pour l'ensemble des paramètres électrodermaux, hormis les pics. Ce constat s'aligne avec un champ de la littérature qui rapporte une diminution du signal électrodermal à l'état de repos chez les personnes autistes (Shan et al., 2023). Cependant il existe des divergences dans ces travaux quant aux composantes spécifiques de cette réponse. Par exemple, l'étude d'Eilam-Stock et al. (2014) a mis en lumière cette différence chez les adultes autistes, mais uniquement au niveau des réponses SCR. À l'inverse, l'étude de Schoen et al. (2009) a identifié cette différence chez des enfants autistes, mais en ce qui concerne la réponse SCL. Nos résultats suggèrent que les enfants et adolescents autistes présentent une hypoactivité du SNA à l'état de repos, ce qui renforce l'hypothèse d'une différence dans la régulation autonome concernant trois paramètres électrodermaux : les réponses SCL, les réponses SCR et l'amplitude des réponses SCR.

Concernant les analyses intragroupe, l'exposition à différentes conditions de traitement sensoriel a confirmé la persistance d'une différence de réactivité entre les groupes d'enfants.

D'une façon comparable à ce qui a été observé pour la *baseline*, les participants du groupe autiste ont présenté un signal électrodermal montrant une augmentation moins marquée que celui du groupe contrôle pour toutes les expositions. Ces résultats s'inscrivent dans un contexte de recherche où certaines études rapportent une réponse électrodermale réduite chez les personnes autistes comparativement aux personnes au développement typique (Eilam-Stock et al., 2014; Haigh et al., 2020; Schoen et al., 2009; Vernetti et al., 2020). Cependant, ces résultats ne sont pas consensuels : d'autres études ont observé une réponse plus élevée (Palkovitz & Wiesenfeld, 1980; Prince et al., 2017), tandis que certaines n'ont montré aucune différence (McCormick et al., 2014). Les résultats de la littérature apparaissent également mixtes concernant une RED plus élevée ou plus faible entre les enfants et les adultes autistes.

Face à ces résultats, nos données soutiennent l'hypothèse d'une réponse réduite aux stimuli sensoriels, ce qui suggère une différence de régulation du système nerveux sympathique (SNS) chez les personnes autistes. Le SNS joue un rôle central dans la modulation de la réactivité aux stimuli sensoriels en ajustant la sensibilité aux variations environnementales. Notre observation d'un effet d'accumulation sur la composante tonique du signal électrodermal, observé uniquement chez les enfants du groupe contrôle, renforce l'idée d'une différence de régulation du SNS chez les enfants autistes. Cette spécificité pourrait expliquer pourquoi les personnes autistes tendent à présenter des réactions inhabituelles aux stimuli (cf. partie contexte théorique, II.1.B ; Baranek et al., 2007; Dunn, 2007).

II.4.B. Hypothèse 3 : Différences de traitement entre stimuli unisensoriels et multisensoriels

Le traitement des stimuli unisensoriels ou multisensoriels n'a pas révélé de différence notable concernant la réactivité électrodermale dans les deux groupes. Ce résultat contraste avec la littérature sur l'effet *multisensory prior entry* (MPE ; Spence et al., 2001; Stevenson et al., 2014). L'effet MPE, traditionnellement mesuré par le temps de réaction, suggère qu'un traitement multisensoriel améliore la rapidité de la réponse. Toutefois, l'absence de différence observée dans la RED pourrait s'expliquer par le fait que cette mesure physiologique capte principalement l'activité du SNA, et non les processus cognitifs impliqués dans l'effet MPE. Les changements liés à la charge cognitive lors du changement de modalités pourraient ne pas être suffisamment puissants pour provoquer une variation détectable dans la réponse électrodermale. Pour une analyse plus poussée de ce phénomène, il pourrait être nécessaire de combiner des mesures cognitives et physiologiques.

II.4.C. Hypothèse 4 : Évolution de la réactivité électrodermale avec l'âge

Enfin, les résultats concernant l'évolution de la RED avec l'âge n'ont pas soutenu l'hypothèse proposée. Contrairement à ce qui était attendu, aucune diminution significative de la RED en fonction de l'âge n'a été observée, que ce soit chez les enfants au développement typique ou chez les enfants autistes. Ces résultats pourraient être en partie expliqués par des stimuli non adaptés pour observer ce type de différence, ou par une absence d'effet de l'âge concernant la réponse du SNA. Des recherches futures devraient inclure des comparaisons avec des adultes et varier la nature des stimuli pour mieux saisir l'impact du développement sur la RED.

II.4.D. Ouvertures

Bien que la réactivité électrodermale offre un marqueur intéressant pour étudier la modulation des fonctions autonomes dans l'autisme, il est essentiel de combiner cette mesure avec d'autres indicateurs physiologiques et comportementaux afin de mieux comprendre les manifestations observées chez les personnes autistes. L'étude d'autres aspects, tels que les émotions, en complément de la perception sensorielle, apparaît pertinente. Plusieurs recherches se sont déjà intéressées à la question de l'anxiété et ont identifié une signature électrodermale atypique chez les personnes autistes (Kushki et al., 2013; Panju et al., 2015). Ces résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle la réponse autonome pourrait jouer un rôle important dans la symptomatologie de l'autisme. Les explorations pourraient être étendues à l'ensemble des aspects socio-émotionnels, ainsi qu'au traitement des stimuli cognitifs.

En pratique clinique, ces résultats justifient l'utilisation de la RED comme un marqueur pour caractériser le traitement sensoriel dans l'autisme, ainsi que suivre l'efficacité des interventions thérapeutiques (Alcañiz Raya et al., 2020; Eilam-Stock et al., 2014; Visnovcova et al., 2023). Cet indicateur a l'avantage d'apporter une mesure quantitative et donc objective. La RED pourrait être utilisée comme méthode combinée en complément de mesures qualitatives telles que les entretiens cliniques. Cela favoriserait une évaluation globale de l'individu, ce qui permettrait d'intégrer des aspects qualitatifs et quantitatifs dans le diagnostic et le suivi des patients. Pour le diagnostic, la RED fournirait une mesure précise, en particulier dans le cas où les symptômes comportementaux sont moins marqués chez l'individu. De même, l'utilisation de cette méthode dans le suivi pourrait fournir des informations objectives sur les changements suite à une intervention thérapeutique.

II.4.E. Limites

Plusieurs limitations doivent être considérées pour interpréter adéquatement nos résultats. Premièrement, notre échantillon présentait un déséquilibre significatif entre les sexes, avec une surreprésentation masculine dans le groupe autiste, tandis que le groupe contrôle incluait des participants des deux sexes. Cette différence peut s'expliquer par le biais reconnu en faveur des hommes dans le diagnostic de l'autisme, ce qui conduit à leur surreprésentation en milieu institutionnel (Brickhill et al., 2023). En effet, nos recrutements pour le groupe autiste ont été effectués quasi exclusivement dans des structures hospitalières. Cette limitation est importante et nous empêche de pouvoir généraliser nos résultats à l'ensemble de la population autiste. De plus, la taille restreinte de l'échantillon limite la portée de nos conclusions. Deuxièmement, le choix d'utiliser une mesure continue plutôt qu'une analyse d'événements spécifiques pourrait avoir eu un impact sur nos comparaisons intergroupes. Les fluctuations observées pourraient être influencées par des variables internes, telles que le stress ou la fatigue, plutôt que par les facteurs spécifiques étudiés. Enfin, l'absence de randomisation dans la présentation des stimuli représente également une limite, car nous ne pouvons pas conclure avec certitude que les résultats n'ont pas été influencés par d'autres biais systématiques.

II.4.F. Conclusion

Les résultats de cette étude ont mis en lumière des différences significatives dans la régulation autonome chez les enfants autistes, comme en témoigne la RED plus faible à l'état de repos et lors du traitement des stimuli sensoriels par rapport aux enfants au développement typique. Cette étude s'inscrit dans la littérature mettant en évidence la dysrégulation du SNA, de plus en plus reconnue comme un élément central dans la compréhension de l'autisme (Beopoulos et al., 2021; Kushki et al., 2013; Patriquin et al., 2019). Sur le plan théorique, la différence de modulation du SNA pourrait être considérée dans le cadre d'une réflexion sur son intégration dans les modèles théoriques existants de la perception sensorielle. Sur le plan clinique, la RED émerge donc comme un outil adéquat pour approfondir la recherche sur les mécanismes sous-jacents de la perception sensorielle dans l'autisme.

Discussion générale

I. Synthèse des résultats

L'objectif principal de cette thèse était de répondre aux besoins identifiés dans les domaines de la recherche et de la clinique en matière de caractérisation des différences de perception sensorielle chez les enfants et adolescents autistes. La place reconnue des différences sensorielles dans la symptomatologie de l'autisme rend cruciale la mise à disposition d'outils et de marqueurs cliniques permettant d'affiner cette identification et de mieux comprendre les expériences sensorielles des personnes concernées. En effet, malgré les avancées réalisées, les disparités méthodologiques (Brouche et al., 2024; DuBois et al., 2017; McConachie et al., 2015) et théoriques (Cascio et al., 2016; Marco et al., 2011; Schauder & Bennetto, 2016) entravent l'identification de profils sensoriels. Dans cette thèse, en nous appuyant sur la classification en niveaux hiérarchiques de He et al. (2023), nous avons choisi d'examiner la réactivité aux stimuli sensoriels selon trois niveaux : comportemental, affectif et physiologique.

Réactivité comportementale et affective : L'objectif était d'explorer et de caractériser les expériences sensorielles des personnes autistes telles que perçues par leurs proches, en identifiant les situations déclenchant des manifestations sensorielles et en précisant les modalités impliquées. Cette phase exploratoire avait pour but de mieux cerner les variables sensorielles à cibler lors de l'évaluation clinique des personnes autistes. L'analyse thématique des discours a permis de dresser un tableau en thèmes et sous-thèmes, qui reflète des réponses comportementales et affectives aux stimuli sensoriels telles que décrites par les parents. Parmi ces thèmes, la recherche de sensations, le *stimming*, la surcharge sensorielle et les stratégies de régulation ont émergé comme des aspects potentiellement pertinents à intégrer dans les évaluations sensorielles actuelles.

Réactivité physiologique : L'objectif était de tester des marqueurs discriminants qui permettraient de vérifier l'hypothèse selon laquelle la présentation de stimulations visuelles, auditives et audiovisuelles graduées révèle des différences significatives de traitement entre les enfants autistes et ceux au développement typique. La réactivité électrodermale a été utilisée comme indicateur physiologique dans la mesure où ce biomarqueur a été décrit par plusieurs auteurs comme une piste pertinente pour examiner les différences de réponse aux stimulations sensorielles au sein de la population autiste (Alcañiz Raya et al., 2020; Eilam-Stock et al., 2014; Visnovcova et al., 2023). Les résultats ont montré une RED moyenne plus faible chez les enfants autistes que chez ceux du groupe contrôle, ce qui suggère une différence dans la

régulation du système nerveux autonome (SNA). Bien qu'aucune différence n'ait été observée entre les réactions aux stimuli unisensoriels et multisensoriels dans les deux groupes, aucun effet d'accumulation n'a été détecté chez les enfants autistes, contrairement à ce qui a été observé dans le groupe contrôle. Ces résultats, d'une part indiquant une RED plus faible et, d'autre part, l'absence d'effet d'accumulation, renforcent l'idée d'une différence de régulation sensorielle chez les enfants et adolescents autistes. Cela suggère que la RED pourrait être un biomarqueur utile pour mieux les comprendre et les évaluer. L'effet de l'âge a également été exploré dans les deux groupes, mais aucun impact sur la RED n'a été observé.

Dans cette discussion générale, nous examinerons dans un premier temps les résultats obtenus lors de l'exploration des expériences sensorielles des personnes autistes et les implications cliniques de ces nouvelles données. Ensuite, nous aborderons les résultats relatifs aux marqueurs discriminants testés, en discutant leur validité et leur potentiel d'application dans le cadre de l'évaluation clinique. Enfin, nous discuterons des limites de cette recherche et proposerons des perspectives pour de futures études, ainsi que des recommandations pour intégrer ces résultats dans la pratique clinique.

II. Interprétation des résultats

II.1. Réactivité comportementale et affective

L'analyse thématique des discours des parents sur les réactions de leurs enfants aux stimuli sensoriels de l'environnement a mis en évidence trois dimensions illustrant la dynamique complexe de la réactivité sensorielle. Ces dimensions, qui incluent des comportements de recherche sensorielle, des épisodes de surcharge sensorielle et des stratégies de régulation, seront interprétées à la lumière des théories comportementales existantes.

II.1.A. Comportements de recherche sensorielle : une réponse adaptative

Les comportements de recherche sensorielle, tels que la recherche de sensations et le *stimming*, ont été identifiés comme des réponses fréquentes aux stimuli, ce qui est cohérent avec la littérature antérieure. Ces comportements, observés à travers plusieurs modalités sensorielles (toucher, vision, proprioception/vestibulaire, olfaction), se manifestent par des actions comme le battement des mains, le balancement du corps et d'autres stéréotypies motrices. Ils sont classés dans la catégorie des comportements restreints et répétitifs qui correspond au critère B1 du DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013). La fonction de ces comportements reste sujette à des interprétations différentes. Selon Dunn (2007), ces comportements sont souvent des stratégies adaptatives qui permettent aux individus de réguler leurs expériences sensorielles. Sur la base de son quadrant (cf. Figure 15), Dunn a formulé l'idée qu'un seuil de tolérance sensorielle élevé est compensé par la recherche de stimulations, afin d'équilibrer une sous-réactivité à l'environnement sensoriel. Lawson et al. (2014) ont proposé que ces comportements reflètent le besoin de gérer l'excès d'informations sensorielles. Cette idée va dans le sens des résultats de Joyce et al. (2017), qui ont indiqué l'existence d'une relation positive entre l'anxiété et les comportements restreints et répétitifs, ainsi que ceux de Kapp (2019), qui, à partir d'une analyse qualitative, ont mis en évidence la fonction régulatrice du *stimming*. Finalement, ces comportements, par leur fonction de compensation ou de régulation, participeraient à l'équilibre sensoriel et émotionnel des personnes autistes (Ayres, 1972; Leekam et al., 2011). Nos résultats ont montré que ces comportements de recherche sensorielle apparaissaient dans plusieurs thèmes et sous-thèmes, ce qui souligne la complexité de leur évaluation dans le cadre de la perception sensorielle.

II.1.B. Surcharge sensorielle : déclencheurs et impacts

L'analyse des témoignages a mis en évidence que, malgré ces stratégies de régulation spontanée, les personnes autistes sont souvent confrontées à des situations où la surcharge sensorielle devient inévitable. Ces surcharges sensorielles sont directement liées au concept de réactivité excessive, ou *sensory overresponsivity* (SOR) proposé par Miller et al. (2007), ainsi qu'au pattern « sensibilité aux stimuli » du quadrant de Dunn (2007). La surcharge sensorielle fait référence à une réaction excessive face à des stimuli perçus comme accablants pour l'individu (Soto et al., 2018). Selon Ben-Sasson et al. (2010), ce phénomène résulterait d'un déséquilibre des processus de sensibilisation et d'habituation, apparaissant plus fréquemment chez les enfants autistes que chez ceux au développement typique (Baranek et al., 2006).

Les témoignages des parents ont permis, par ailleurs, de préciser certaines modalités relatives à la problématique de la surcharge sensorielle.

- **Déclencheurs**

Tout d'abord, plusieurs déclencheurs fréquents ont été identifiés, tels que le bruit et les foules, ainsi que les difficultés à moduler l'attention. Les deux premiers étaient le plus souvent observés dans des environnements urbains et étaient difficiles à éviter, voire imprévisibles. Le déclencheur concernant les difficultés à moduler l'attention correspond à l'incapacité à gérer l'afflux constant d'informations sensorielles, par exemple en les filtrant, ce qui contribue à l'intensité de la surcharge de traitement.

- **Conséquences**

Ces crises ont été décrites comme entraînant une série de conséquences néfastes, telles que (1) une anxiété accrue, (2) des difficultés de régulation émotionnelle, (3) des troubles du sommeil et (4) des problèmes de comportement. Dans la littérature, ces aspects avaient déjà été identifiés dans certaines études :

(1) Le lien entre la SOR et l'anxiété est bien documenté. Le sens de la causalité a été précisé par une étude longitudinale qui a mis en évidence que l'émergence de SOR chez le jeune enfant autiste prédit le développement de l'anxiété au fil du temps, mais non l'inverse (Green et al. 2012). Des résultats similaires ont été retrouvés dans des études transversales, notamment chez l'enfant et l'adolescent (Lane et al., 2012),

ainsi que chez l'adulte (Syu et al., 2020). Bien que la SOR entraîne des phénomènes anxieux, les processus sous-jacents restent mal compris (Cummings et al., 2024).

(2) Concernant les difficultés de régulation émotionnelle ou difficultés affectives, ces dernières ont été identifiées comme associées à l'hyperréactivité chez les personnes autistes dans une revue réalisée par Glod et al. (2019), regroupant six études sur le sujet.

(3) Les conséquences sur le sommeil ont été mises en évidence dans l'étude de Mazurek et Petroski (2015), qui ont identifié sur un échantillon de plus de 1 000 enfants autistes une corrélation entre la SOR, l'anxiété et les problèmes de sommeil.

(4) Enfin, les problèmes de comportement montrent des corrélations avec la SOR chez l'enfant et l'adulte (Syu et al., 2020; Tseng et al., 2011).

Les parents interrogés ont évoqué spontanément ces aspects comme liés à la perception sensorielle, ce qui renforce leur présence dans les évaluations de cette composante.

II.1.C. Stratégies d'autorégulation et d'intervention des parents

Face à ces défis sensoriels, il ressort du corpus des entretiens que les personnes autistes développent des stratégies de régulation afin de maintenir un équilibre de fonctionnement dans la vie quotidienne, incluant :

- le *stimming* à travers des canaux sensoriels privilégiés (pour certains, des mouvements répétitifs comme le balancement du corps, pour d'autres, l'écoute répétée de sons) ;
- la répétition d'actions (comme allumer/éteindre les lumières) ;
- et d'autres formes de gestion des stimuli sensoriels (utilisation d'accessoires tels qu'une couverture lestée).

Dans la mesure où les difficultés sur le plan sensoriel sont un facteur prédictif de difficultés exécutives et cognitives chez les enfants autistes (Pastor-Cerezuela et al., 2020), développer des stratégies efficaces d'autorégulation s'avère indispensable, non seulement sur le plan de la perception sensorielle, mais aussi au niveau des apprentissages.

Les groupes de discussion ont également mis à jour l'existence des stratégies délivrées par les parents pour soutenir leur enfant dans la régulation des sensations :

- l'application de pressions profondes ;
- l'utilisation de plannings visuels ;
- ou la création d'environnements sensoriels adaptés.

Ces interventions visent à atténuer la détresse immédiate tout en encourageant l'adoption de stratégies d'autorégulation dans divers contextes (Schaaf et al., 2011). De plus, il a été montré que le pattern sensoriel (c.-à-d., hyporéactivité, hyperréactivité, recherche de sensation) est relié au type de stratégie développé par le parent (Little et al., 2022). En revanche, l'âge de l'enfant et son niveau cognitif n'apparaissent pas reliés aux types de stratégies parentales.

II.1.D. Limites des modèles

Les théories comportementales utilisées pour interpréter les comportements sensoriels, comme celles d'Ayres (1972), de Dunn (2007) et de Miller (2001), offrent des cadres structurés pour comprendre les phénomènes de réactivité sensorielle. Cependant, ces modèles n'ont pas été singulièrement développés pour les personnes autistes, ce qui peut limiter leur capacité à rendre pleinement compte des spécificités des expériences sensorielles de cette population.

Les trois théories restent centrées sur la notion de « dysfonctionnements sensoriels », ce qui peut limiter la compréhension de la diversité des expériences sensorielles des personnes autistes, qui incluent aussi des traitements non « dysfonctionnels » (Happé & Frith, 2020; Kapp et al., 2013; Mitchell et al., 2021). Par exemple, certaines personnes autistes peuvent manifester une hyper-focalisation sensorielle, leur permettant de se distinguer dans des tâches nécessitant une attention accrue aux détails, telles que l'analyse visuelle ou l'écoute musicale (Sacks & Cler, 1996).

Dans notre étude, nous avons constaté que le *stimming* et la recherche de sensations étaient fréquemment identifiés par les parents comme une composante importante des manifestations sensorielles. Pourtant, les trois théories ne prennent pas suffisamment en compte les comportements de régulation sensorielle que les personnes autistes peuvent utiliser de manière autonome. Ces comportements sont identifiés comme des signes de déséquilibre, alors qu'ils peuvent avoir un rôle fonctionnel lorsqu'ils interviennent sous forme d'autorégulation (Kapp et al., 2019). La simplification des expériences sensorielles en termes

fonctionnels/dysfonctionnels risque de limiter la pertinence des interventions thérapeutiques (Mitchell et al., 2021).

De plus, les classifications proposées notamment par Dunn (2007) et Miller (2001) divisent les réponses sensorielles en sous-types distincts (cf. section III.1.B pour Dunn et section III.1.C pour Miller). Une telle classification peut conduire à un manque de nuances dans l'identification des spécificités sensorielles lorsqu'on considère l'influence de l'environnement sur les réactions sensorielles. Comme identifier dans nos résultats, si l'individu est peu exposé à un type d'environnement, ou au contraire surexposé, cela peut affecter son profil sensoriel. Nous en sommes venus à la conclusion que la question de l'environnement était peu intégrée dans les outils d'évaluation, bien qu'elle soit nécessaire pour contextualiser l'apparition des manifestations sensorielles.

De la même manière, les profils cognitifs et exécutifs des individus ne sont pas suffisamment intégrés dans ces modèles théoriques. Pourtant, plusieurs études ont montré des corrélations entre le traitement sensoriel et le fonctionnement cognitif (Fernandez-Prieto et al., 2021; Pastor-Cerezuela et al., 2020). Notre étude a aussi mis en lumière les effets sur l'apprentissage et les difficultés d'adaptation au quotidien. Ainsi, une révision des modèles actuels, intégrant à la fois les facteurs environnementaux et les profils cognitifs, pourrait grandement enrichir notre compréhension et les interventions auprès des personnes autistes.

II.1.E. Applications

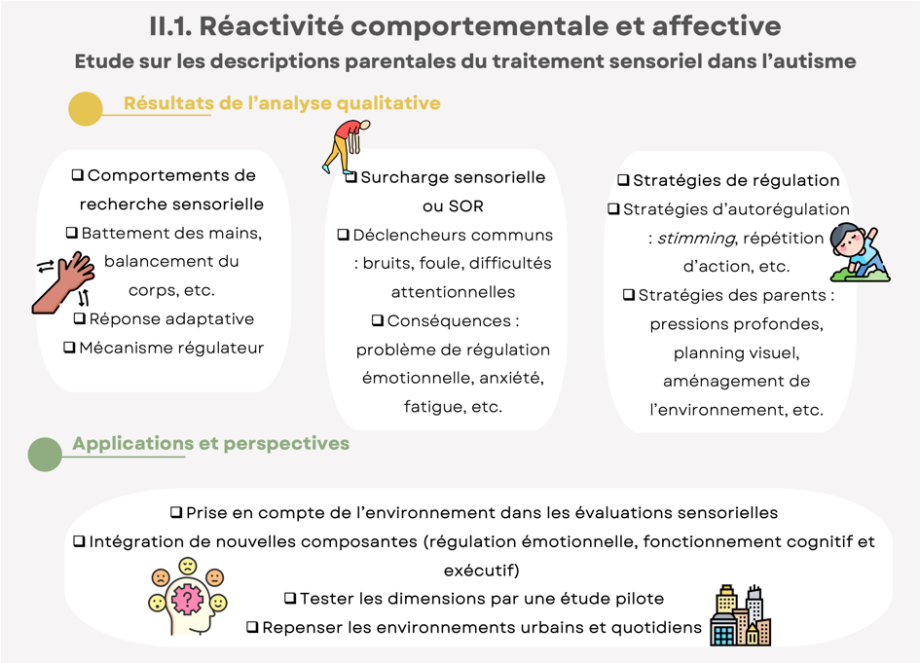
Les résultats de l'étude qualitative suggèrent plusieurs implications cliniques nécessaires à l'évaluation et à l'intervention auprès des personnes autistes. Premièrement, l'adaptation des outils d'évaluation sensorielle, tels que les questionnaires et les entretiens semi-structurés, devrait davantage tenir compte des spécificités contextuelles et individuelles. Bien que certaines évaluations, comme le SPM (Parham & Ecker, 2007) et le SP-2 (Dunn, 2014), prennent en compte l'évaluation dans l'environnement domestique et scolaire, elles pourraient être élargies au milieu urbain, où les manifestations sensorielles sont particulièrement fréquentes et intenses (MacLennan et al., 2023). De plus, les cibles d'évaluation pourraient inclure l'investigation des comportements de recherche sensorielle et de régulation sensorielle, sous-thèmes majeurs dans les descriptions parentales de notre étude. Enfin, l'intégration de composantes telles que la régulation émotionnelle, le fonctionnement cognitif, exécutif et fonctionnel permettrait d'identifier plus clairement les associations entre ces variables et le

profil sensoriel global. Dans un contexte d'évaluation de l'autisme, ces thèmes et sous-thèmes pourraient être évalués à travers une étude pilote pour déterminer leur pertinence en vue de leur intégration dans les entretiens et les questionnaires.

Outre l'évaluation, nos résultats ont également mis en évidence la nécessité de repenser les environnements quotidiens pour qu'ils soient plus adaptés aux besoins des personnes autistes (Finnigan, 2024; MacLennan et al., 2023; Tola et al., 2021). Par exemple, l'intégration d'espaces de transition dans des lieux publics permettrait aux personnes de se retirer temporairement dans des zones calmes. De plus, l'utilisation d'une signalétique visuelle adaptée, c'est-à-dire claire et contrastée, pourrait rendre l'environnement plus prédictible. Un exemple concret de cette démarche est celui de la ville de Clonakilty, en Irlande, qui a mis en place des « *sensory maps* » pour signaler les zones calmes et les espaces potentiellement surchargés en stimuli sensoriels[7]. Une synthèse de cette partie est présentée à la Figure 31.

Figure 31

Synthèse de la discussion sur l'étude des descriptions parentales du traitement sensoriel dans l'autisme



[7] Exemple de carte proposée par la ville de Clonakilty : https://www.clonakiltyparkhotel.ie/cmsFiles/sensory_map.pdf

II.2. Réactivité physiologique

II.2.A. Autisme et différence de régulation du SNA

Dans notre deuxième étude, nous avons exploré les différences de réactivité physiologique entre les personnes autistes et les personnes au développement typique au moyen de la RED lors d'une tâche de traitement de stimuli unisensoriels et multisensoriels, proposés en charge progressive.

Pour rappel :

- La SCL (ou réponse tonique) est habituellement interprétée comme une mesure de l'activation de base du SNA. Elle reflète l'état général d'excitation sans lien direct avec un stimulus en particulier.
- La SCR (ou réponse phasique) correspond à la réaction électrodermale spécifique à un stimulus. Elle mesure l'activation du SNA en réponse à des événements précis.
- L'amplitude des SCR représente la différence entre le niveau de conductance au pic de la réponse et le niveau de base juste avant la réaction. Cette métrique est utilisée pour quantifier l'intensité de la réponse électrodermale.
- Les pics de conductance sont les valeurs maximales atteintes après une stimulation. Le nombre de pics par minute peut refléter la fréquence des réponses à un stimulus.

Les résultats ont révélé une réponse électrodermale moyenne significativement plus faible chez les personnes autistes, tant pour la composante phasique que tonique. Ces résultats confirment une différence de régulation du SNA chez les personnes autistes, ce qui pourrait avoir des répercussions sur leur capacité à traiter et moduler les stimuli sensoriels, comme rapporté dans la littérature précédente (Eilam-Stock et al., 2014; Shan et al., 2023). Plutôt que de qualifier la réponse électrodermale des personnes autistes d'hypo- ou d'hyperréactive, nous choisissons ici le terme de différence de modulation. En effet, même si la réponse SCL était globalement plus faible, les réponses SCR et les pics pouvaient être supérieurs, voire équivalents.

Notre étude a également révélé des différences de modulation de la RED en condition de charge progressive. Plus précisément, les enfants et adolescents autistes n'ont pas montré d'augmentation de la RED malgré l'augmentation progressive des stimuli, contrairement à ceux

au développement typique, ce qui constitue un résultat nouveau par rapport aux études précédentes.

Si nos résultats convergent vers une différence de régulation du SNA lors du traitement sensoriel chez les personnes autistes, certains auteurs n'imputent pas cette différence spécifiquement à l'autisme (Barbier et al., 2022). Taylor et al. (2021) ont montré que chez les adultes autistes, la dysfonction du SNA serait liée aux niveaux élevés d'anxiété et de stress souvent présents dans cette population. Une régulation anormale du stress pourrait expliquer les réponses comportementales hyper- ou hypo-réactives décrites dans la littérature (Baranek et al., 2006; Dunn, 2007; Miller et al., 2007). Pourtant, bien que l'anxiété soit souvent associée à des différences sensorielles, cela ne signifie pas nécessairement qu'elle en soit la cause, ce qui souligne l'importance de distinguer cause et corrélation. Dans notre cas, nos données et la taille de notre échantillon ne nous permettent pas de vérifier la corrélation entre la différence de modulation de la RED et l'anxiété en tant que variable confondante.

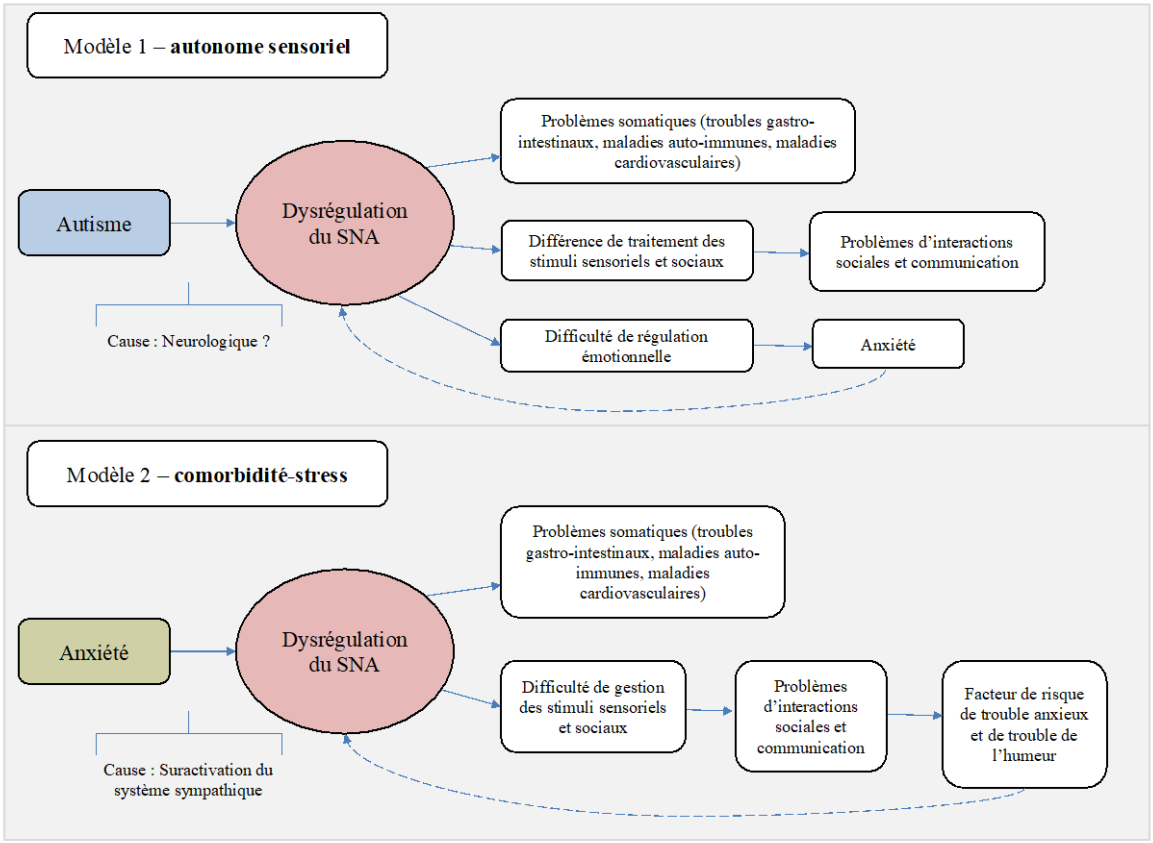
Le rôle de la réponse autonome a aussi été décrit comme ayant un impact dans la régulation des interactions sociales dans l'autisme (Patriquin et al., 2019). Néanmoins, ces propositions, qui s'appuient sur la théorie polyvagale de Porges (2003), restent spéculatives (Barbier et al., 2022). À ce jour, les mécanismes précis par lesquels le SNA pourrait réguler les comportements sociaux ne disposent pas de preuves empiriques. Concernant les conséquences sur le long terme, des troubles somatiques tels que des troubles gastro-intestinaux (Beopoulos et al., 2021; Ferguson et al., 2017), des problèmes cardiovasculaires (Thapa et al., 2019), et des troubles du sommeil (Dell'Osso et al., 2022) ont aussi été mis en lien avec une dysrégulation du SNA, souvent comorbides dans la littérature sur l'autisme.

La revue de nos résultats et de ceux de la littérature nous conduit à identifier deux modèles sur l'impact du SNA dans l'autisme. Dans le premier modèle dit « autonome sensoriel », la dysrégulation du SNA représente une caractéristique directement liée à l'autisme, en raison de la difficulté à réguler les stimuli sensoriels (Figure 32). Selon cette hypothèse, les différences de perception sensorielle ou la difficulté à interpréter les signaux sociaux pourraient impacter le SNA en dehors même du stress ou de l'anxiété. En revanche, dans le second modèle dit « comorbidité-stress », la dysrégulation du SNA serait attribuable à des facteurs tels que l'anxiété, le stress ou la dépression, qui sont plus fréquents chez les personnes autistes par rapport aux personnes au développement typique (Figure 32). Dans ce modèle, ce seraient les troubles comorbides qui influenceraient la régulation du SNA. Une boucle de rétroaction

négative (flèche bleue pointillée) est représentée dans les deux modèles, où l'anxiété accentue la dysrégulation du SNA. Dans le modèle 1, la dysrégulation est entretenue directement par l'anxiété, tandis que dans le modèle 2, la dysrégulation initiale provenant de l'autisme peut être exacerbée par l'anxiété. L'existence de cette boucle complique ainsi la démonstration d'une hypothèse ou de l'autre.

Figure 32

Proposition de modèles explicatifs de la différence de modulation du système nerveux autonome dans l'autisme



II.2.B. Traitement unisensoriel et multisensoriel

L'analyse de la réponse électrodermale n'a pas mis en évidence de différences entre le traitement de stimuli unisensoriels et multisensoriels dans notre étude, quel que soit le groupe d'enfants, autiste ou au développement typique. Plus particulièrement, le phénomène d'atténuation du coût de traitement, appelé l'effet *multisensory prior entry*, et identifié par plusieurs auteurs comme présentant des différences chez les personnes autistes, n'a pas été répliqué dans nos données (Ainsworth et al., 2021; Collignon et al., 2013; Crosse et al., 2022;

Ostrolenk et al., 2019; Siemann et al., 2020; Stevenson et al., 2014). Ce résultat peut être interprété de trois manières :

(1) Méthodologie

Une première explication pourrait être liée aux aspects méthodologiques de l'étude. Il est possible que les stimuli unisensoriels et multisensoriels n'aient pas été suffisamment distincts pour engendrer des différences dans la réactivité électrodermale. De plus, la durée d'exposition aux stimuli pourrait avoir été trop courte (une minute pour chacun) pour permettre une intégration multisensorielle suffisante afin de provoquer des variations détectables dans le signal électrodermal.

(2) Limite de la sensibilité de la réponse électrodermale

Une deuxième explication pourrait résider dans la limite intrinsèque de la mesure électrodermale pour capter les différences dans le traitement multisensoriel. La RED mesure principalement des réactions physiologiques liées aux réponses de stress ou d'activation émotionnelle (Bari et al., 2023; Boucsein, 2012; Critchley, 2002; Dawson et al., 2007; Grapperon et al., 2012, cf. contexte théorique, section IV.2) et pourrait ne pas être suffisamment sensible pour détecter les changements liés à la charge cognitive.

(3) Absence de différence

Enfin, ces résultats pourraient indiquer une réelle absence de différence de traitement entre les stimuli unisensoriels et multisensoriels, ce qui constituerait un nouveau résultat dans la littérature concernant ce sujet. Deux aspects de la littérature seraient remis en question : (1) la réactivité physiologique entre les stimuli unisensoriel et multisensoriel ne montre pas de différence, quel que soit le groupe, donc absence d'effet *multisensory prior entry* ; (2) les personnes autistes ne présentent pas de différence dans la réactivité physiologique aux stimuli multisensoriels. Cela impliquerait d'investiguer d'autres aspects dans l'évaluation de la perception sensorielle chez les personnes autistes qui soient spécifiques.

II.2.C. Réactivité du SNA selon l'âge

Les résultats de l'étude n'ont pas montré de différence de réponse électrodermale en fonction de l'âge dans les deux groupes. Cela pourrait suggérer que l'âge n'est pas un facteur influençant les réponses autonomes. Cependant, ce résultat va à l'encontre des données de la

littérature qui montrent une RED plus élevée chez les enfants par rapport aux adultes (Bari et al., 2020; Bufo et al., 2022). À notre connaissance, aucune étude n'a exploré les différences de RED selon l'âge spécifiquement chez les personnes autistes, ce qui limite les comparaisons possibles avec nos résultats.

Une autre explication pourrait être reliée à la taille restreinte de notre échantillon ainsi que l'écart d'âge entre les participants (6-17 ans), ne permettant pas de mettre à jour une différence nette sur le plan développemental. En effet, les études précédentes avaient comparé des populations enfants/adultes. Si tel est le cas, il serait pertinent de tester cette hypothèse sur des populations plus diversifiées en termes d'âge, incluant des groupes d'enfants, adultes et de personnes âgées.

Enfin, il est possible que nos stimuli n'aient pas été suffisamment distincts pour générer des différences perceptibles dans la réponse électrodermale en fonction de l'âge. La durée, l'intensité ou la nature des stimuli sensoriels pourraient ne pas avoir été assez marquées pour induire des réponses différenciées selon l'âge des participants. L'intégration progressive des stimuli, visant à recréer une situation plus écologique, a peut-être permis aux enfants et adolescents de s'habituer progressivement. Cette habituation pourrait avoir masqué des effets liés à l'âge que des stimuli plus abrupts ou plus intenses auraient pu révéler.

II.2.D. Une différence cérébrale

Plusieurs régions du cerveau ont été identifiées comme contrôlant la modulation de la réponse autonome. Critchley (2002) les regroupe en quatre groupes :

(1) Le cortex préfrontal antérieur, dorsolatéral et ventromédial et l'hippocampe : l'attention, la motivation, la prise de décision et la mémoire épisodique ;
(2) Le complexe amygdaloïde : les émotions aversives ;
(3) Le cortex moteur, le tractus nigrostriatal, le néostriatum et le cervelet : l'initiation et le contrôle des mouvements des membres ;
(4) L'insula, l'hypothalamus dorso-médian et latéral et le nucleus tractus solitarius : la représentation des états sensoriels, somatiques et endocriniens internes.

La diversité des aires cérébrales impliquées dans la réponse autonome de la RED souligne que celles-ci contribuent de manière différenciée aux processus sensoriels et cognitifs.

Les différences observées dans le signal électrodermal pourraient être dues à des différences sur le plan cérébral entre les personnes autistes et les personnes au développement typique.

Cela nous amène à considérer les théories existantes sur les différences cérébrales dans l'autisme susceptibles d'expliquer cette différence de réponse autonome.

- La théorie du *déséquilibre du signal* (Cummins, 1991; Kilroy et al., 2019; Rubenstein & Merzenich, 2003; Smith et al., 2015; Watling & Hauer, 2015) postule un déséquilibre entre les réseaux neuronaux excitateurs et inhibiteurs, notamment ceux contrôlés par les neurotransmetteurs comme le GABA et le glutamate. Ce déséquilibre pourrait affecter plusieurs aspects du fonctionnement cérébral et du système autonome : (1) les régions cérébrales responsables de générer les signaux d'activation, (2) la régulation des réponses autonomes qui dépendent d'une activation précise des systèmes sympathique et parasympathique, (3) la connectivité entre ces deux systèmes, ou (4) l'ensemble des étapes de la transmission du signal (c.-à-d., de la perception du stimulus à la réponse physiologique). Ce déséquilibre pourrait expliquer certaines des caractéristiques comportementales observées chez les personnes autistes concernant leur réactivité sensorielle. Par exemple, une suractivité des réseaux excitateurs pourrait contribuer à une hypersensibilité aux stimuli sensoriels, tandis qu'à l'inverse, une inhibition excessive pourrait se traduire par une hyposensibilité, où les individus percevraient les stimuli environnementaux avec moins d'intensité.
- La théorie du *monde intense* (Markram, 2007; Markram et al., 2008; Markram & Markram, 2010; Rinaldi et al., 2008) propose un modèle d'hyperconnectivité cérébrale entraînant une perception amplifiée de l'environnement. Dans ce contexte, la réponse autonome pourrait être impactée, mais plutôt dans le sens d'une hypersensibilité plutôt que d'une hyposensibilité. Notamment, elle pourrait expliquer pourquoi certaines personnes autistes éprouvent des difficultés à gérer leurs réponses autonomes face à des environnements surchargés. Néanmoins, cette théorie présente des limites lorsqu'il s'agit de comprendre les réponses hypoactives du SNA.
- Une autre approche qui propose un cadre théorique adapté à l'explication des différences cérébrales et autonomes dans l'autisme est celle de la théorie du *cerveau bayésien* (Pellicano & Burr, 2012). Cette théorie postule que les personnes autistes perçoivent le monde avec plus de précision en raison de croyances *a priori* atténuées, appelées *hypo-priors*. Dans le contexte de l'autisme, l'hypothèse du déséquilibre des

hypo-priors suggère que les personnes autistes perçoivent les stimuli sensoriels avec moins de modulation par leurs expériences antérieures. Cela peut avoir des implications significatives pour la régulation autonome. Par exemple, une perception plus précise, mais moins influencée par des *hypo-priors*, pourrait entraîner une réactivité excessive ou hypoactive face à des stimuli, en fonction du contexte sensoriel. Dans des environnements sensoriels surchargés, un déséquilibre des *hypo-priors* rendrait les personnes autistes moins capables de filtrer les informations sensorielles excessives, entraînant une surcharge sensorielle. À contrario, dans une situation où les stimuli ne sont pas clairs, le déséquilibre des *hypo-priors* pourrait conduire les individus à ne pas répondre de manière appropriée à des stimuli, qui pour d'autres pourraient sembler menaçants ou perturbants.

En conclusion, parmi les théories neurobiologiques et neuro-computationnelles, deux se sont détachées pour expliquer les différences de régulation autonome observées par le biais de la RED. Les différences de régulation autonome présenteraient ainsi l'intérêt d'être intégrées plus explicitement dans la théorie du *déséquilibre du signal* et du *cerveau bayésien*, afin de contribuer à combler le fossé décrit dans le contexte théorique de cette thèse entre théorie fondamentale et clinique.

II.2.E. Limite de la réactivité électrodermale comme biomarqueurs

La RED est couramment utilisée pour mesurer l'activation du SNA, en particulier la composante sympathique. Cependant, son utilisation comme biomarqueur comporte plusieurs limitations. Tout d'abord, la RED est sensible à des stimuli émotionnels significatifs, mais elle reste relativement peu spécifique lorsqu'il s'agit de capturer des processus cognitifs plus subtils (Critchley, 2002). Par exemple, lors d'une tâche de résolution de problèmes sans charge émotionnelle évidente, la RED peut ne pas détecter de variation notable, car elle est principalement réactive à des stimuli émotionnels marqués. En revanche, lors d'une situation socialement stressante, telle qu'une prise de parole en public, une augmentation significative de la RED serait observée.

Un autre facteur limitant l'efficacité de la RED en tant que biomarqueur est son manque de spécificité. Elle peut être influencée par divers éléments extérieurs, comme la température ambiante, la sudation ou la fatigue, ce qui peut introduire du bruit dans les données recueillies

(Boucsein, 2012). Ces facteurs extérieurs non contrôlés ont pu masquer les variations potentielles dans les réponses électrodermales liées aux stimuli unisensoriels et multisensoriels.

II.2.F. Applications

Premièrement sur le plan clinique, l'utilisation de la RED comme biomarqueur pourrait être envisagée de manière combinée, notamment avec des mesures sensorielles et cognitives qui permettraient de compléter les limites soulignées dans la partie II.2.E.

Concernant les perspectives exploratoires, les deux modèles proposés (autonome sensorielle vs comorbidité-stress) pourraient être testés en évaluant la réponse du SNA tout en contrôlant la réponse à l'anxiété chez des enfants et adolescents autistes et non-autistes. Les résultats pourraient être précieux pour mieux définir lors des interventions la cible de prise en charge. Dans le cas du modèle autonome sensoriel, la prise en charge serait plus axée sur le traitement des informations sensorielles, alors que dans le modèle comorbidité-stress, la thérapie porterait sur la gestion du stress.

Concernant les explorations d'une différence cérébrales, les modèles de la théorie du déséquilibre des signaux et du codage prédictif fournissent des ouvertures prometteuses pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents aux réponses autonomes atypiques, mais nécessitent des investigations supplémentaires pour valider leur pertinence. Des recherches futures devront tester empiriquement ces propositions afin de déterminer dans quelle mesure elles expliquent réellement les altérations des réponses autonomes, comme celles observées dans la réactivité électrodermale, chez les personnes autistes. Parmi les pistes concrètes, on pourrait envisager des études combinant l'IRMf et enregistrement électrodermaux pour explorer les corrélations entre l'activité neuronale et les réponses autonomes en temps réel lors de tâches de traitement cognitif ou socio-émotionnel. Des tâches proposant des illusions visuelles pourraient être utilisées pour tester la théorie du codage prédictif en mesurant simultanément les réponses autonomes des participants.

III. Limites des études

Ce travail de recherche, bien qu'ayant apporté des résultats concernant les améliorations possibles pour l'identification de signes cliniques du traitement sensoriel chez les personnes autistes, aurait eu le potentiel de fournir des preuves plus solides si certains aspects avaient été approfondis. Notamment, l'exploration de la réactivité comportementale et affective aux stimuli sensoriels aurait bénéficié de l'utilisation d'un cadre théorique pour construire la grille d'entretien et explorer des aspects plus précis du traitement sensoriel. De plus, l'étude aurait pu être enrichie en intégrant des discours de personnes autistes à la première personne. Enfin, la taille de l'échantillon ne nous a pas permis d'investiguer les aspects développementaux, ce qui est un manque important pour cette thèse.

Concernant l'investigation de la réactivité physiologique, nous nous retrouvons confrontés aux limites inhérentes à l'utilisation de la mesure de la réactivité électrodermale (cf. section II.2.E). Mais comme souligné dans la discussion, la RED mesure principalement les réactions physiologiques liées à des réponses émotionnelles, et est moins sensible pour détecter les changements liés à la charge cognitive. L'évaluation par un autre moyen de la charge cognitive aurait donc été pertinente dans cette étude. Initialement, ce travail avait été conçu avec trois mesures : RED, test de mémoire, test attentionnel. Les tests de mémoire et d'attention ont été développés et sont disponibles dans l'application expérimentale mise en ligne avec les stimuli sensoriels. Néanmoins, seul le groupe contrôle ayant été testé, nous avons décidé de ne pas intégrer ces résultats dans ce travail de thèse. Cependant, ce travail sera poursuivi dans le futur.

IV. Conclusion générale de la discussion

Dans cette thèse, nous avons exploré les différences de réactivité sensorielle entre les enfants autistes et les enfants au développement typique en explorant la réactivité comportementale et physiologique. Les résultats ont mis en évidence une différence significative de réponse du SNA chez les enfants autistes, comme en témoigne une réponse électrodermale plus faible, aussi bien à l'état de repos que lors du traitement de stimuli sensoriels. Ces différences de régulation autonome suggèrent une modulation atypique du traitement sensoriel chez les personnes autistes dont l'origine reste sujette à débat (Shan et al., 2023), ce qui influence leur réactivité aux variations environnementales. Par ailleurs, nous n'avons pas identifié de différence au niveau de la réactivité physiologique entre les réponses unisensorielles et multisensorielles dans nos deux groupes. Ce résultat contraste avec les précédents travaux de la littérature décrivant le phénomène *mulisensory prior entry*, et met en évidence le caractère cognitif de cet effet qui ne semble pas être détectable par la réponse autonome, mais plutôt par des mesures comportementales ou neurologiques (Spence et al., 2001; Stevenson et al., 2014).

En complément des résultats physiologiques, notre analyse des discours parentaux a révélé des comportements de recherche sensorielle, des épisodes de surcharges sensorielles et des stratégies de régulation spécifiques aux personnes autistes. Ces comportements, souvent perçus comme problématiques dans les modèles théoriques classiques (Ayres, 1972; Dunn, 2007; Miller et al., 2001), ont montré un rôle régulateur important pour maintenir un équilibre sensoriel et émotionnel chez les personnes autistes. Contrairement aux modèles comportementaux actuels qui se concentrent sur les dysfonctionnements sensoriels, nos résultats mettent en avant la nécessité de reconsidérer ces comportements comme de stratégies adaptatives nécessaire à intégrer aux évaluations.

Nos résultats offrent plusieurs perspectives cliniques. Notamment, l'introduction de la RED comme indicateur physiologique, combinée à des évaluations qui se basent sur des réponses qualitatives, pourrait constituer un outil précieux pour mieux identifier les profils sensoriels dans l'autisme et pour suivre l'efficacité des interventions thérapeutiques. Une meilleure compréhension des interactions entre la réactivité sensorielle et les fonctions cognitives et exécutives pourrait également permettre d'adapter les environnements quotidiens pour améliorer le confort et l'autonomie des personnes autistes.

Sur le plan théorique, nos conclusions ouvrent la voie à une révision des modèles actuels d'évaluation sensorielle, intégrant à la fois les facteurs environnementaux et cognitifs. Cela permettrait de mieux comprendre comment les stimuli sensoriels sont perçus et régulés dans l'autisme. De plus, nos résultats encouragent à approfondir l'investigation des causes de dysfonctionnements de la réponse autonome observés chez les personnes autistes.

Ainsi, cette thèse contribue à enrichir la compréhension de la perception sensorielle dans l'autisme et souligne, comme l'ont justement expliqué Robertson et Cohen (2017) : « *Pour aller de l'avant, les théories neurobiologiques de l'autisme doivent rendre compte du traitement atypique dans les domaines social et sensoriel*. » (traduit librement de l'anglais).

Références bibliographiques

Ainsworth, K., Ostrolenk, A., Irion, C., & Bertone, A. (2021). Reduced multisensory facilitation exists at different periods of development in autism. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *134*, 195-206. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.09.031

Alcañiz Raya, M., Chicchi Giglioli, I. A., Marín-Morales, J., Higuera-Trujillo, J. L., Olmos, E., Minissi, M. E., Teruel Garcia, G., Sirera, M., & Abad, L. (2020). Application of Supervised Machine Learning for Behavioral Biomarkers of Autism Spectrum Disorder Based on Electrodermal Activity and Virtual Reality. *Frontiers in Human Neuroscience*, *14*, 90. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00090

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (Fifth Edition). American Psychiatric Publishing. https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

Angeletos Chrysaitis, N., & Seriès, P. (2023). 10 years of Bayesian theories of autism : A comprehensive review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *145*, 105022. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.105022

APA. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (Fifth Edition). American Psychiatric Association. https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

Arndt, T. L., Stodgell, C. J., & Rodier, P. M. (2005). The teratology of autism. *International Journal of Developmental Neuroscience*, *23*(2-3), 189-199. https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2004.11.001

Arnett, A. B., Hudac, C. M., DesChamps, T. D., Cairney, B. E., Gerdts, J., Wallace, A. S., Bernier, R. A., & Webb, S. J. (2018). Auditory perception is associated with implicit language learning and receptive language ability in autism spectrum disorder. *Brain and Language*, *187*, 1-8. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1016/j.bandl.2018.09.007

Ausilloux, C., Collery, F., & Roy, J. T. (1989). *Épidémiologie de l'autisme infantile dans le département de l'Hérault*. *7*(6), 24-28.

Ayres, A. J. (1965). Patterns of Perceptual-Motor Dysfunction in Children : A Factor Analytic Study. *Perceptual and Motor Skills*, *20*(2), 335-368. https://doi.org/10.2466/pms.1965.20.2.335

Ayres, A. J. (1969). Deficits in Sensory Integration in Educationally Handicapped Children. *Journal of Learning Disabilities*, *2*(3), 160-168. https://doi.org/10.1177/002221946900200307

Ayres, A. J. (1972). *Sensory Integration and learning disorders*. Western Psychological Services. https://books.google.fr/books?id=nQRtAAAAMAAJ

Ayres, A. J. (1989). *The sensory integration and praxis tests*. Los Angeles: Western Psychological Services.

Bagby, M. S., Dickie, V. A., & Baranek, G. T. (2012). How Sensory Experiences of Children With and Without Autism Affect Family Occupations. *The American Journal of Occupational Therapy*, *66*(1), 78-86. https://doi.org/10.5014/ajot.2012.000604

Baker, A. E. Z., Lane, A., Angley, M. T., & Young, R. L. (2008). The Relationship Between Sensory Processing Patterns and Behavioural Responsiveness in Autistic Disorder : A Pilot Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *38*(5), 867-875. https://doi.org/10.1007/s10803-007-0459-0

Baranek, G. T. (1999a). Autism during infancy : A retrospective video analysis of sensory-motor and social behaviors at 9-12 months of age. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *29*(3), 213-224. https://doi.org/10.1023/A:1023080005650

Baranek, G. T. (1999b). *Sensory Experience Questionaire (SEQ)* (Unpublished manuscript).

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), 233-245. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1352/0895-8017(2007)112[233:HSPIYC]2.0.CO;2

Baranek, G. T., Carlson, M., Sideris, J., Kirby, A. V., Watson, L. R., Williams, K. L., & Bulluck, J. (2019). Longitudinal assessment of stability of sensory features in children with autism spectrum disorder or other developmental disabilities. *Autism Research*, *12*(1), 100-111. https://doi.org/10.1002/aur.2008

Baranek, G. T., David, F. J., Poe, M. D., Stone, W. L., & Watson, L. R. (2006). Sensory Experiences Questionnaire : Discriminating sensory features in young children with

autism, developmental delays, and typical development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *47*(6), 591-601. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2005.01546.x

Baranek, G. T., Watson, L. R., Boyd, B. A., Poe, M. D., David, F. J., & McGuire, L. (2013). Hyporesponsiveness to social and nonsocial sensory stimuli in children with autism, children with developmental delays, and typically developing children. *Development and Psychopathology*, *25*(2), 307-320. https://doi.org/10.1017/S0954579412001071

Barbier, A., Chen, J.-H., & Huizinga, J. D. (2022). Autism Spectrum Disorder in Children Is Not Associated With Abnormal Autonomic Nervous System Function : Hypothesis and Theory. *Frontiers in Psychiatry*, *13*, 830234. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.830234

Bari, D. S., Rammoo, M. N. S., Aldosky, H. Y. Y., Jaqsi, M. K., & Martinsen, Ø. G. (2023). The Five Basic Human Senses Evoke Electrodermal Activity. *Sensors*, *23*(19), 8181. https://doi.org/10.3390/s23198181

Bari, D. S., Yacoob Aldosky, H. Y., & Martinsen, Ø. G. (2020). Simultaneous measurement of electrodermal activity components correlated with age-related differences. *Journal of Biological Physics*, *46*(2), 177-188. https://doi.org/10.1007/s10867-020-09547-4

Baribeau, D. A., Vigod, S., Pullenayegum, E., Kerns, C. M., Mirenda, P., Smith, I. M., Vaillancourt, T., Volden, J., Waddell, C., Zwaigenbaum, L., Bennett, T., Duku, E., Elsabbagh, M., Georgiades, S., Ungar, W. J., Zaidman Zait, A., & Szatmari, P. (2021). Co-occurring trajectories of anxiety and insistence on sameness behaviour in autism spectrum disorder. *The British Journal of Psychiatry*, *218*(1), 20-27. https://doi.org/10.1192/bjp.2020.127

Baroncelli, L., Braschi, C., Spolidoro, M., Begenisic, T., Maffei, L., & Sale, A. (2011). Brain Plasticity and Disease : A Matter of Inhibition. *Neural Plasticity*, *2011*, 1-11. https://doi.org/10.1155/2011/286073

Barrios-Fernández, S., Gozalo, M., Díaz-González, B., & García-Gómez, A. (2020). A Complementary Sensory Tool for Children with Autism Spectrum Disorders. *Children*, *7*(11), 244. https://doi.org/10.3390/children7110244

Baum, S. H., Stevenson, R. A., & Wallace, M. T. (2015). Behavioral, perceptual, and neural

alterations in sensory and multisensory function in autism spectrum disorder. *Progress in Neurobiology*, *134*, 140-160. https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2015.09.007

Bazelmans, T., Jones, E. J. H., Ghods, S., Corrigan, S., Toth, K., Charman, T., & Webb, S. J. (2019). Heart rate mean and variability as a biomarker for phenotypic variation in preschoolers with autism spectrum disorder. *Autism Research*, *12*(1), 39-52. https://doi.org/10.1002/aur.1982

Becker, E. B. E., & Stoodley, C. J. (2013). Chapter One—Autism Spectrum Disorder and the Cerebellum. In G. Konopka (Éd.), *Neurobiology of Autism* (Vol. 113, p. 1-34). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418700-9.00001-0

Benedek, M., & Kaernbach, C. (2010). A continuous measure of phasic electrodermal activity. *Journal of Neuroscience Methods*, *190*(1), 80-91. https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2010.04.028

Bennetto, L., Kuschner, E. S., & Hyman, S. L. (2007). Olfaction and taste processing in autism. *Biological Psychiatry*, *62*(9), 1015-1021. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.04.019

Ben-Sasson, A., Carter, A. S., & Briggs-Gowan, M. J. (2010). The Development of Sensory Over-responsivity From Infancy to Elementary School. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *38*(8), 1193-1202. https://doi.org/10.1007/s10802-010-9435-9

Ben-Sasson, A., Hen, L., Fluss, R., Cermak, S. A., Engel-Yeger, B., & Gal, E. (2009). A Meta-Analysis of Sensory Modulation Symptoms in Individuals with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(1), 1-11. https://doi.org/10.1007/s10803-008-0593-3

Beopoulos, A., Gea, M., Fasano, A., & Iris, F. (2021). Autonomic Nervous System Neuroanatomical Alterations Could Provoke and Maintain Gastrointestinal Dysbiosis in Autism Spectrum Disorder (ASD) : A Novel Microbiome–Host Interaction Mechanistic Hypothesis. *Nutrients*, *14*(1), 65. https://doi.org/10.3390/nu14010065

Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2003). Motion perception in autism : A « complex » issue. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*(2), 218-225. https://doi.org/10.1162/089892903321208150

Boets, B., Verhoeven, J., Wouters, J., & Steyaert, J. (2015). Fragile spectral and temporal auditory processing in adolescents with autism spectrum disorder and early language delay. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(6), 1845-1857. https://doi.org/10.1007/s10803-014-2341-1

Bogdashina, O. (2022). *Becoming a Professional Parent : Exploring the Sensory World of Autism*. Life and Learn. https://books.google.fr/books?id=Exe7EAAAQBAJ

Botha, M., Hanlon, J., & Williams, G. L. (2023). Does Language Matter? Identity-First Versus Person-First Language Use in Autism Research: A Response to Vivanti. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *53*(2), 870-878. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04858-w

Bottema-Beutel, K., Kapp, S. K., Lester, J. N., Sasson, N. J., & Hand, B. N. (2021). Avoiding Ableist Language : Suggestions for Autism Researchers. *Autism in Adulthood*, *3*(1), 18-29. https://doi.org/10.1089/aut.2020.0014

Boucsein, W. (2012). *Electrodermal Activity*. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1126-0

Brandwein, A. B., Foxe, J. J., Butler, J. S., Frey, H.-P., Bates, J. C., Shulman, L. H., & Molholm, S. (2015). Neurophysiological Indices of Atypical Auditory Processing and Multisensory Integration are Associated with Symptom Severity in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(1), 230-244. https://doi.org/10.1007/s10803-014-2212-9

Brandwein, A. B., Foxe, J. J., Butler, J. S., Russo, N. N., Altschuler, T. S., Gomes, H., & Molholm, S. (2013). The Development of Multisensory Integration in High-Functioning Autism : High-Density Electrical Mapping and Psychophysical Measures Reveal Impairments in the Processing of Audiovisual Inputs. *Cerebral Cortex*, *23*(6), 1329-1341. https://doi.org/10.1093/cercor/bhs109

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77-101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Braun, V., & Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, *11*(4), 589-597.

https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806

Brickhill, R., Atherton, G., Piovesan, A., & Cross, L. (2023). Autism, thy name is man : Exploring implicit and explicit gender bias in autism perceptions. *PLOS ONE*, *18*(8), e0284013. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284013

Brieber, S., Herpertz-Dahlmann, B., Fink, G. R., Kamp-Becker, I., Remschmidt, H., & Konrad, K. (2010). Coherent motion processing in autism spectrum disorder (ASD) : An fMRI study. *Neuropsychologia*, *48*(6), 1644-1651. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.02.007

Brouche, S., Cazalis, F., & Rigal, N. (2024). Revue systématique des méthodes d'évaluation du traitement sensoriel chez les enfants et adolescents autistes. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*. https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2024.07.004

Brouche, S., Rigal, N., & Cazalis, F. (2024). Parental descriptions of sensory processing in Autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *118*, 102488. https://doi.org/10.1016/j.rasd.2024.102488

Brown, C., & Dunn, W. (2002). *Adolescent/Adult Sensory Profile*. Psychological Corporation.

Brown, C., Gruber, T., Boucher, J., Rippon, G., & Brock, J. (2005). Gamma abnormalities during perception of illusory figures in autism. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *41*(3), 364-376. https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70273-9

Brown, C., Tollefson, N., Dunn, W., Cromwell, R., & Filion, D. (2001). The Adult Sensory Profile : Measuring Patterns of Sensory Processing. *The American Journal of Occupational Therapy*, *55*(1), 75-82. https://doi.org/10.5014/ajot.55.1.75

Bufo, M. R., Guidotti, M., De Faria, C., Mofid, Y., Bonnet-Brilhault, F., Wardak, C., & Aguillon-Hernandez, N. (2022). Autonomic tone in children and adults : Pupillary, electrodermal and cardiac activity at rest. *International Journal of Psychophysiology*, *180*, 68-78. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2022.07.009

Burns, C. O., Dixon, D. R., Novack, M., & Granpeesheh, D. (2017). A Systematic Review of Assessments for Sensory Processing Abnormalities in Autism Spectrum Disorder.

Review Journal of Autism and Developmental Disorders, *4*(3), 209-224. https://doi.org/10.1007/s40489-017-0109-1

Bury, S. M., Jellett, R., Spoor, J. R., & Hedley, D. (2023). "It Defines Who I Am" or "It's Something I Have" : What Language Do [Autistic] Australian Adults [on the Autism Spectrum] Prefer? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *53*(2), 677-687. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04425-3

Buyuktaskin, D., Iseri, E., Guney, E., Gunendi, Z., & Cengiz, B. (2021). Somatosensory Temporal Discrimination in Autism Spectrum Disorder. *Autism Research : Official Journal of the International Society for Autism Research*. https://doi.org/10.1002/aur.2479

Canitano, R., & Palumbi, R. (2021). Excitation/Inhibition Modulators in Autism Spectrum Disorder : Current Clinical Research. *Frontiers in Neuroscience*, *15*, 753274. https://doi.org/10.3389/fnins.2021.753274

Cascio, C. J., Gu, C., Schauder, K. B., Key, A. P., & Yoder, P. (2015). Somatosensory Event-Related Potentials and Association with Tactile Behavioral Responsiveness Patterns in Children with ASD. *Brain Topography*, *28*(6), 895-903. https://doi.org/10.1007/s10548-015-0439-1

Cascio, C. J., Woynaroski, T., Baranek, G. T., & Wallace, M. T. (2016). Toward an interdisciplinary approach to understanding sensory function in autism spectrum disorder : Toward an interdisciplinary approach. *Autism Research*, *9*(9), 920-925. https://doi.org/10.1002/aur.1612

Cattaneo, L., Fabbri-Destro, M., Boria, S., Pieraccini, C., Monti, A., Cossu, G., & Rizzolatti, G. (2007). Impairment of actions chains in autism and its possible role in intention understanding. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(45), 17825-17830. https://doi.org/10.1073/pnas.0706273104

Chaste, P., & Leboyer, M. (2012). Autism risk factors : Genes, environment, and gene-environment interactions. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, *14*(3), 281-292. https://doi.org/10.31887/DCNS.2012.14.3/pchaste

Cheng, Y.-C., Huang, Y.-C., & Huang, W.-L. (2020). Heart rate variability in individuals

with autism spectrum disorders : A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *118*, 463-471. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.08.007

Chowdhury, R., Sharda, M., Foster, N. E. V., Germain, E., Tryfon, A., Doyle-Thomas, K., Anagnostou, E., & Hyde, K. L. (2017). Auditory Pitch Perception in Autism Spectrum Disorder Is Associated With Nonverbal Abilities. *Perception*, *46*(11), 1298-1320. https://doi.org/10.1177/0301006617718715

Cialdella, Ph., & Mamelle, N. (1989). An Epidemiological Study of Infantile Autism in a French Department (Rhône) : Research Note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *30*(1), 165-175. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1989.tb00775.x

Cléry, H., Bonnet-Brilhault, F., Lenoir, P., Barthelemy, C., Bruneau, N., & Gomot, M. (2013). Atypical visual change processing in children with autism : An electrophysiological Study: Visual mismatch response in children with autism. *Psychophysiology*, *50*(3), 240-252. https://doi.org/10.1111/psyp.12006

Collignon, O., Charbonneau, G., Peters, F., Nassim, M., Lassonde, M., Lepore, F., Mottron, L., & Bertone, A. (2013). Reduced multisensory facilitation in persons with autism. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *49*(6), 1704-1710. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.06.001

Cour des comptes. (2017). *Evaluation de la politique en direction des personnes présentant des troubles du spectre de l'autisme*.

Courchesne, E. (2003). Evidence of Brain Overgrowth in the First Year of Life in Autism. *JAMA*, *290*(3), 337. https://doi.org/10.1001/jama.290.3.337

Couteur, A., Bailey, A., Goode, S., Pickles, A., Gottesman, I., Robertson, S., & Rutter, M. (1996). A Broader Phenotype of Autism : The Clinical Spectrum in Twins. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *37*(7), 785-801. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1996.tb01475.x

Critchley, H. D. (2002). Review : Electrodermal Responses: What Happens in the Brain. *The Neuroscientist*, *8*(2), 132-142. https://doi.org/10.1177/107385840200800209

Crosse, M. J., Foxe, J. J., Tarrit, K., Freedman, E. G., & Molholm, S. (2022). Resolution of

impaired multisensory processing in autism and the cost of switching sensory modality. *Communications Biology*, *5*(1), 601. https://doi.org/10.1038/s42003-022-03519-1

Cummings, K. K., Jung, J., Zbozinek, T. D., Wilhelm, F. H., Dapretto, M., Craske, M. G., Bookheimer, S. Y., & Green, S. A. (2024). Shared and distinct biological mechanisms for anxiety and sensory over-responsivity in youth with autism versus anxiety disorders. *Journal of Neuroscience Research*, *102*(1), e25250. https://doi.org/10.1002/jnr.25250

Cummins, R. A. (1991). Sensory Integration and Learning Disabilities : Ayres' Factor Analyses Reappraised. *Journal of Learning Disabilities*, *24*(3), 160-168. https://doi.org/10.1177/002221949102400304

Cuppini, C., Ursino, M., Magosso, E., Crosse, M. J., Foxe, J. J., & Molholm, S. (2020). Cross-sensory inhibition or unisensory facilitation : A potential neural architecture of modality switch effects. *Journal of Mathematical Psychology*, *99*, 102438. https://doi.org/10.1016/j.jmp.2020.102438

Dawson, M. E., Schell, A. M., Filion, D. L., & Berntson, G. G. (2007). The Electrodermal System. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. Berntson (Éds.), *Handbook of Psychophysiology* (3e éd., p. 157-181). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511546396.007

De Jonge, M. V., Kemner, C., De Haan, E. H., Coppens, J. E., Van Den Berg, T. J. T. P., & Van Engeland, H. (2007). Visual information processing in high-functioning individuals with autism spectrum disorders and their parents. *Neuropsychology*, *21*(1), 65-73. https://doi.org/10.1037/0894-4105.21.1.65

DeBoth, K. K., Reynolds, S., Lane, S. J., Carretta, H., Lane, A. E., & Schaaf, R. C. (2023). Neurophysiological Correlates of Sensory-Based Phenotypes in ASD. *Child Psychiatry & Human Development*, *54*(2), 520-532. https://doi.org/10.1007/s10578-021-01266-8

Degenne, C., Serres, J., Gattegno, M. P., & Adrien, J.-L. (2010). Étude préliminaire des troubles des interactions et de la motricité chez des bébés âgés de quelques jours à 6

mois et présentant ultérieurement un trouble autistique : Analyse microscopique avec échantillonnage temporel, à l'aide d'un logiciel, the Observer, à partir de films familiaux. *Devenir*, *Vol. 21*(4), 265-294. https://doi.org/10.3917/dev.094.0265

Degenne-Richard, C. (2014). Les spécificités sensorielles des personnes avec autisme de l'enfance à l'âge adulte. *ANAE*, *128*, 1-10.

Degenne-Richard, C. D. (2014). *Évaluation de la symptomatologie sensorielle des personnes adultes avec autisme et incidence des particularités sensorielles sur l'émergence des troubles du comportement* (Numéro 2014PA05H106) [Thèses, Université René Descartes - Paris V]. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01037912

Del Viva, M. M., Igliozzi, R., Tancredi, R., & Brizzolara, D. (2006). Spatial and motion integration in children with autism. *Vision Research*, *46*(8-9), 1242-1252. https://doi.org/10.1016/j.visres.2005.10.018

Délégation interministérielle autisme et troubles du neuro-développement. (2020). *Ce que nous disent les personnes et les familles sur leur parcours de vie* (Cahier spécial). Ministère des Solidarités et de la Santé. https://handicap-v2.cegedim.cloud/sites/handicap/files/files-spip/pdf/etude_ipsos_tnd_2020_accessible.pdf

Dellapiazza, F., Michelon, C., Oreve, M.-J., Robel, L., Schoenberger, M., Chatel, C., Vesperini, S., Maffre, T., Schmidt, R., Blanc, N., Vernhet, C., Picot, M.-C., & Baghdadli, A. (2020). The Impact of Atypical Sensory Processing on Adaptive Functioning and Maladaptive Behaviors in Autism Spectrum Disorder During Childhood : Results From the ELENA Cohort. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *50*(6), 2142-2152. https://doi.org/10.1007/s10803-019-03970-w

Dellapiazza, F., Michelon, C., Vernhet, C., Muratori, F., Blanc, N., Picot, M.-C., & Baghdadli, A. (2021). Sensory processing related to attention in children with ASD, ADHD, or typical development : Results from the ELENA cohort. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *30*(2), 283-291. https://doi.org/10.1007/s00787-020-01516-5

Dell'Osso, L., Massoni, L., Battaglini, S., Cremone, I. M., Carmassi, C., & Carpita, B. (2022). Biological correlates of altered circadian rhythms, autonomic functions and sleep

problems in autism spectrum disorder. *Annals of General Psychiatry*, *21*(1), 13. https://doi.org/10.1186/s12991-022-00390-6

Demopoulos, C., Brandes-Aitken, A. N., Desai, S. S., Hill, S. S., Antovich, A. D., Harris, J., & Marco, E. J. (2015). Shared and Divergent Auditory and Tactile Processing in Children with Autism and Children with Sensory Processing Dysfunction Relative to Typically Developing Peers. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *21*(6), 444-454. https://doi.org/10.1017/S1355617715000387

Demopoulos, C., Hopkins, J., Kopald, B. E., Paulson, K., Doyle, L., Andrews, W. E., & Lewine, J. D. (2015). Deficits in auditory processing contribute to impairments in vocal affect recognition in autism spectrum disorders : A MEG study. *Neuropsychology*, *29*(6), 895-908. https://doi.org/10.1037/neu0000209

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. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044084

Dickie, V. A., Baranek, G. T., Schultz, B., Watson, L. R., & McComish, C. S. (2009). Parent reports of sensory experiences of preschool children with and without autism : A qualitative study. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, *63*(2), 172-181. https://doi.org/10.5014/ajot.63.2.172

Donkers, F. C. L., Schipul, S. E., Baranek, G. T., Cleary, K. M., Willoughby, M. T., Evans, A. M., Bulluck, J. C., Lovmo, J. E., & Belger, A. (2015). Attenuated auditory event-related potentials and associations with atypical sensory response patterns in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(2), 506-523. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1007/s10803-013-1948-y

Doty, R. L., Shaman, P., & Dann, M. (1984). Development of the university of pennsylvania smell identification test : A standardized microencapsulated test of olfactory function. *Physiology & Behavior*, *32*(3), 489-502. https://doi.org/10.1016/0031-9384(84)90269-5

DuBois, D., Lymer, E., Gibson, B. E., Desarkar, P., & Nalder, E. (2017). Assessing Sensory

Processing Dysfunction in Adults and Adolescents with Autism Spectrum Disorder : A Scoping Review. *Brain Sciences*, *7*(8). https://doi.org/10.3390/brainsci7080108

Dudova, I., Vodicka, J., Havlovicova, M., Sedlacek, Z., Urbanek, T., & Hrdlicka, M. (2011). Odor detection threshold, but not odor identification, is impaired in children with autism. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *20*(7), 333-340. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1007/s00787-011-0177-1

Duerden, E. G., Taylor, M. J., Lee, M., McGrath, P. A., Davis, K. D., & Roberts, S. W. (2015). Decreased sensitivity to thermal stimuli in adolescents with autism spectrum disorder : Relation to symptomatology and cognitive ability. *The Journal of Pain*, *16*(5), 463-471. https://doi.org/10.1016/j.jpain.2015.02.001

Dunn, W. (1994). Performance of Typical Children on the Sensory Profile : An Item Analysis. *The American Journal of Occupational Therapy*, *48*(11), 967-974. https://doi.org/10.5014/ajot.48.11.967

Dunn, W. (1997a). Implementing neuroscience principles to support habilitation and recovery. *Occupational therapy: Enabling function and well-being*, 182-233.

Dunn, W. (1997b). The Impact of Sensory Processing Abilities on the Daily Lives of Young Children and Their Families : A Conceptual Model: *Infants & Young Children*, *9*(4), 23-35. https://doi.org/10.1097/00001163-199704000-00005

Dunn, W. (1999). *Sensory Profile : User's Manual*. Psychological Corporation.

Dunn, W. (2001). The Sensations of Everyday Life : Empirical, Theoretical, and Pragmatic Considerations. *The American Journal of Occupational Therapy*, *55*(6), 608-620. https://doi.org/10.5014/ajot.55.6.608

Dunn, W. (2002). *Infant-toddler sensory profile : User's manual*. Psychological Corporation.

Dunn, W. (2007). Supporting Children to Participate Successfully in Everyday Life by Using Sensory Processing Knowledge. *Infants & Young Children*, *20*(2), 84-101. https://doi.org/10.1097/01.IYC.0000264477.05076.5d

Dunn, W. (2014). *Sensory Profile 2 : User's Manual*. Psychological Corporation.

Dunn, W., & Daniels, D. B. (2002). Initial Development of the Infant/Toddler Sensory Profile. *Journal of Early Intervention*, *25*(1), 27-41. https://doi.org/10.1177/105381510202500104

Dunn, W., & Westman, K. (1997). The Sensory Profile : The Performance of a National Sample of Children Without Disabilities. *The American Journal of Occupational Therapy*, *51*(1), 25-34. https://doi.org/10.5014/ajot.51.1.25

Eilam-Stock, T., Xu, P., Cao, M., Gu, X., Van Dam, N. T., Anagnostou, E., Kolevzon, A., Soorya, L., Park, Y., Siller, M., He, Y., Hof, P. R., & Fan, J. (2014). Abnormal autonomic and associated brain activities during rest in autism spectrum disorder. *Brain*, *137*(1), 153-171. https://doi.org/10.1093/brain/awt294

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

Elwin, M., Ek, L., Kjellin, L., & Schröder, A. (2013). Too much or too little : Hyper- and hypo-reactivity in high-functioning autism spectrum conditions. *Journal of Intellectual & Developmental Disability*, *38*(3), 232-241. https://doi.org/10.3109/13668250.2013.815694

Ermer, J., & Dunn, W. (1998). The Sensory Profile : A Discriminant Analysis of Children With and Without Disabilities. *The American Journal of Occupational Therapy*, *52*(4), 283-290. https://doi.org/10.5014/ajot.52.4.283

EU-AIMS LEAP group, Isaksson, J., Tammimies, K., Neufeld, J., Cauvet, É., Lundin, K., Buitelaar, J. K., Loth, E., Murphy, D. G. M., Spooren, W., & Bölte, S. (2018). EU-AIMS Longitudinal European Autism Project (LEAP) : The autism twin cohort. *Molecular Autism*, *9*(1), 26. https://doi.org/10.1186/s13229-018-0212-x

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3 : A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 175-191. https://doi.org/10.3758/BF03193146

Feldman, J. I., Kuang, W., Conrad, J. G., Tu, A., Santapuram, P., Simon, D. M., Foss-Feig, J. H., Kwakye, L. D., Stevenson, R. A., Wallace, M. T., & Woynaroski, T. G. (2019). Brief Report : Differences in Multisensory Integration Covary with Sensory Responsiveness in Children with and without Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *49*(1), 397-403. https://doi.org/10.1007/s10803-018-3667-x

Fenning, R. M., Baker, J. K., Baucom, B. R., Erath, S. A., Howland, M. A., & Moffitt, J. (2017). Electrodermal Variability and Symptom Severity in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *47*(4), 1062-1072. https://doi.org/10.1007/s10803-016-3021-0

Ferguson, B. J., Marler, S., Altstein, L. L., Lee, E. B., Akers, J., Sohl, K., McLaughlin, A., Hartnett, K., Kille, B., Mazurek, M., Macklin, E. A., McDonnell, E., Barstow, M., Bauman, M. L., Margolis, K. G., Veenstra-VanderWeele, J., & Beversdorf, D. Q. (2017). Psychophysiological Associations with Gastrointestinal Symptomatology in Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, *10*(2), 276-288. https://doi.org/10.1002/aur.1646

Fernandez-Prieto, M., Moreira, C., Cruz, S., Campos, V., Martínez-Regueiro, R., Taboada, M., Carracedo, A., & Sampaio, A. (2020). Executive Functioning : A Mediator Between Sensory Processing and Behaviour in Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04648-4

Fernandez-Prieto, M., Moreira, C., Cruz, S., Campos, V., Martínez-Regueiro, R., Taboada, M., Carracedo, A., & Sampaio, A. (2021). Executive Functioning : A Mediator Between Sensory Processing and Behaviour in Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *51*(6), 2091-2103. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04648-4

Fetit, R., Hillary, R. F., Price, D. J., & Lawrie, S. M. (2021). The neuropathology of autism : A systematic review of post-mortem studies of autism and related disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *129*, 35-62. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.07.014

Field, D. J., Hayes, A., & Hess, R. F. (1993). Contour integration by the human visual

system : Evidence for a local “association field”. *Vision Research*, *33*(2), 173-193. https://doi.org/10.1016/0042-6989(93)90156-Q

Finnigan, K. A. (2024). Sensory Responsive Environments : A Qualitative Study on Perceived Relationships between Outdoor Built Environments and Sensory Sensitivities. *Land*, *13*(5), 636. https://doi.org/10.3390/land13050636

Folstein, S., & Rutter, M. (1977). Infantil autism : A genetic study of 21 twin pairs. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *18*(4), 297-321. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1977.tb00443.x

Fombonne, E., & Du Mazaubrun, C. (1992). Prevalence of infantile autism in four French regions. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, *27*(4), 203-210. https://doi.org/10.1007/BF00789007

Fombonne, É., Myers, J., Chavez, A., Presmanes Hill, A., Zuckerman, K., & Pry, R. (2019). Épidémiologie de l’autisme : Où en sommes-nous ?: *Enfance*, *N° 1*(1), 13-47. https://doi.org/10.3917/enf2.191.0013

Foss-Feig, J. H., Schauder, K. B., Key, A. P., Wallace, M. T., & Stone, W. L. (2017). Audition-specific temporal processing deficits associated with language function in children with autism spectrum disorder : Temporal processing and language in ASD. *Autism Research*, *10*(11), 1845-1856. https://doi.org/10.1002/aur.1820

Foss-Feig, J. H., Stavropoulos, K. K. M., McPartland, J. C., Wallace, M. T., Stone, W. L., & Key, A. P. (2018). Electrophysiological response during auditory gap detection : Biomarker for sensory and communication alterations in autism spectrum disorder? *Developmental Neuropsychology*, *43*(2), 109-122. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1080/87565641.2017.1365869

Foss-Feig, J. H., Tadin, D., Schauder, K. B., & Cascio, C. J. (2013). A substantial and unexpected enhancement of motion perception in autism. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *33*(19), 8243-8249. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1608-12.2013

Foster, N. E. V., Ouimet, T., Tryfon, A., Doyle-Thomas, K., Anagnostou, E., & Hyde, K. L. (2016). Effects of Age and Attention on Auditory Global–Local Processing in

Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *46*(4), 1415-1428. https://doi.org/10.1007/s10803-015-2684-2

Frey, H.-P., Molholm, S., Lalor, E. C., Russo, N. N., & Foxe, J. J. (2013). Atypical cortical representation of peripheral visual space in children with an autism spectrum disorder. *European Journal of Neuroscience*, *38*(1), 2125-2138. https://doi.org/10.1111/ejn.12243

Fuentes, J., Hervás, A., Howlin, P., & (ESCAP ASD Working Party). (2021). ESCAP practice guidance for autism : A summary of evidence-based recommendations for diagnosis and treatment. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *30*(6), 961-984. https://doi.org/10.1007/s00787-020-01587-4

Galle, S. A., Courchesne, V., Mottron, L., & Frasnelli, J. (2013). Olfaction in the Autism Spectrum. *Perception*, *42*(3), 341-355. https://doi.org/10.1068/p7337

Georgiades, S., Szatmari, P., Boyle, M., Hanna, S., Duku, E., Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Fombonne, E., Volden, J., Mirenda, P., Smith, I., Roberts, W., Vaillancourt, T., Waddell, C., Bennett, T., Thompson, A., & Pathways in ASD Study Team. (2013). Investigating phenotypic heterogeneity in children with autism spectrum disorder : A factor mixture modeling approach. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *54*(2), 206-215. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02588.x

Geschwind, D. H., & Levitt, P. (2007). Autism spectrum disorders : Developmental disconnection syndromes. *Current Opinion in Neurobiology*, *17*(1), 103-111. https://doi.org/10.1016/j.conb.2007.01.009

Glass, L. (1969). Moiré Effect from Random Dots. *Nature*, *223*(5206), 578-580. https://doi.org/10.1038/223578a0

Glod, M., Riby, D. M., & Rodgers, J. (2019). Short report : Relationships between sensory processing, repetitive behaviors, anxiety, and intolerance of uncertainty in autism spectrum disorder and Williams syndrome. *Autism Research*, *12*(5), 759-765. https://doi.org/10.1002/aur.2096

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. https://doi.org/10.1093/brain/awn172

Gotham, K., Bishop, S. L., Hus, V., Huerta, M., Lund, S., Buja, A., Krieger, A., & Lord, C. (2013). Exploring the Relationship Between Anxiety and Insistence on Sameness in Autism Spectrum Disorders. *Autism Research*, *6*(1), 33-41. https://doi.org/10.1002/aur.1263

Gougoux, F., Lepore, F., Lassonde, M., Voss, P., Zatorre, R. J., & Belin, P. (2004). Pitch discrimination in the early blind. *Nature*, *430*(6997), 309-309. https://doi.org/10.1038/430309a

Grapperon, J., Pignol, A.-C., & Vion-Dury, J. (2012). La mesure de la réaction électrodermale. *L'Encéphale*, *38*(2), 149-155. https://doi.org/10.1016/j.encep.2011.05.004

Green, S. A., Ben-Sasson, A., Soto, T. W., & Carter, A. S. (2012). Anxiety and Sensory Over-Responsivity in Toddlers with Autism Spectrum Disorders : Bidirectional Effects Across Time. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(6), 1112-1119. https://doi.org/10.1007/s10803-011-1361-3

Green, S. A., Hernandez, L., Bookheimer, S. Y., & Dapretto, M. (2016). Salience Network Connectivity in Autism Is Related to Brain and Behavioral Markers of Sensory Overresponsivity. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *55*(7), 618-626. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2016.04.013

Green, S. A., Hernandez, L., Bookheimer, S. Y., & Dapretto, M. (2017). Reduced modulation of thalamocortical connectivity during exposure to sensory stimuli in ASD. *Autism Research*, *10*(5), 801-809. https://doi.org/10.1002/aur.1726

Gregory, R. L. (1968). Perceptual Illusions and Brain Models. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *171*(1024), 279-296.

Gregory, R. L. (1980). Perceptions as Hypotheses. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *290*(1038), 181-197. JSTOR.

Grice, S. J., Spratling, M. W., Karmiloff-Smith, A., Halit, H., Csibra, G., De Haan, M., & Johnson, M. H. (2001). Disordered visual processing and oscillatory brain activity in

autism and Williams Syndrome: *Neuroreport*, *12*(12), 2697-2700. https://doi.org/10.1097/00001756-200108280-00021

Gunderson, J., Worthley, E., Byiers, B., Symons, F., & Wolff, J. (2023). Self and caregiver report measurement of sensory features in autism spectrum disorder : A systematic review of psychometric properties. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, *15*(1), 5. https://doi.org/10.1186/s11689-022-09473-7

Guy, J., Mottron, L., Berthiaume, C., & Bertone, A. (2016). The developmental trajectory of contrast sensitivity in autism spectrum disorder. *Autism Research*, *9*(8), 866-878. https://doi.org/10.1002/aur.1579

Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Vist, G. E., Kunz, R., Falck-Ytter, Y., Alonso-Coello, P., & Schünemann, H. J. (2008). GRADE : An emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ*, *336*(7650), 924-926. https://doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.AD

Ha, C., Chin, F., & Chan Chee, C. (2020). *Troubles du spectre de l'autisme en France. Estimation de la prévalence à partir du recours aux soins dans le Système national des données de santé (SNDS), France, 2010- 2017.* (p. 37 p.). Santé Publique France.

Haigh, S. M., Endevelt-Shapira, Y., & Behrmann, M. (2020). Trial-to-Trial Variability in Electrodermal Activity to Odor in Autism. *Autism Research*, *13*(12), 2083-2093. https://doi.org/10.1002/aur.2377

Haigh, S. M., Gupta, A., Barb, S. M., Glass, S. A. F., Minshew, N. J., Dinstein, I., Heeger, D. J., Eack, S. M., & Behrmann, M. (2016). Differential sensory fMRI signatures in autism and schizophrenia : Analysis of amplitude and trial-to-trial variability. *Schizophrenia Research*, *175*(1-3), 12-19. https://doi.org/10.1016/j.schres.2016.03.036

Haigh, S. M., Walford, T. P., & Brosseau, P. (2021). Heart Rate Variability in Schizophrenia and Autism. *Frontiers in Psychiatry*, *12*, 760396. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.760396

Happé, F., & Frith, U. (2020). Annual Research Review : Looking back to look forward – changes in the concept of autism and implications for future research. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *61*(3), 218-232. https://doi.org/10.1111/jcpp.13176

Haute Autorité de Santé. (2012). *Autisme et autres troubles envahissants du développement : Interventions éducatives et thérapeutiques coordonnées chez l'enfant et l'adolescent* [Guideline]. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-03/recommandations_autisme_ted_enfant_adolescent_interventions.pdf

Haute Autorité de Santé. (2018). *Trouble du spectre de l'autisme—Signes d'alerte, repérage, diagnostic et évaluation chez l'enfant et l'adolescent* [Guideline]. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-02/trouble_du_spectre_de_lautisme_de_lenfant_et_ladolescent__recommandations.pdf

He, J. L., Williams, Z. J., Harris, A., Powell, H., Schaaf, R., Tavassoli, T., & Puts, N. A. J. (2023). A working taxonomy for describing the sensory differences of autism. *Molecular Autism*, *14*(1), 15. https://doi.org/10.1186/s13229-022-00534-1

Heaton, T. J., & Freeth, M. (2016). Reduced visual exploration when viewing photographic scenes in individuals with autism spectrum disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, *125*(3), 399-411. https://doi.org/10.1037/abn0000145

Herbert, M. R., Ziegler, D. A., Makris, N., Bakardjiev, A., Hodgson, J., Adrien, K. T., Kennedy, D. N., Filipek, P. A., & Caviness, V. S. (2003). Larger brain and white matter volumes in children with developmental language disorder. *Developmental Science*, *6*(4), F11-F22. Academic Search Premier.

Higashida, N. (2017). *The reason I jump : The inner voice of a thirteen-year-old boy with autism* (K. A. Yoshida & D. Mitchell, Trad.; Random House trade paperback edition). Random House.

Hudac, C. M., DesChamps, T. D., Arnett, A. B., Cairney, B. E., Ma, R., Webb, S. J., & Bernier, R. A. (2018). Early enhanced processing and delayed habituation to deviance sounds in autism spectrum disorder. *Brain and Cognition*, *123*, 110-119. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2018.03.004

Hummel, T., Sekinger, B., Wolf, S. R., Pauli, E., & Kobal, G. (1997). 'Sniffin' Sticks' : Olfactory Performance Assessed by the Combined Testing of Odour Identification, Odor Discrimination and Olfactory Threshold. *Chemical Senses*, *22*(1), 39-52.

https://doi.org/10.1093/chemse/22.1.39

Hussman, J. P. (2001). Suppressed GABAergic inhibition as a common factor in suspected etiologies of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *31*(2), 247-248. https://doi.org/10.1023/A:1010715619091

Hyman, S. L., Levy, S. E., Scott M. Myers, Council on children with disabilities, section on developmental and behavioral pediatrics, Kuo, D. Z., Apkon, S., Davidson, L. F., Ellerbeck, K. A., Foster, J. E. A., Noritz, G. H., Leppert, M. O., Saunders, B. S., Stille, C., Yin, L., Weitzman, C. C., Childers, D. O., Levine, J. M., Peralta-Carcelen, A. M., Poon, J. K., … Carolyn Bridgemohan. (2020). Identification, Evaluation, and Management of Children With Autism Spectrum Disorder. *Pediatrics*, *145*(1), e20193447. https://doi.org/10.1542/peds.2019-3447

Iarocci, G., & McDonald, J. (2006). Sensory Integration and the Perceptual Experience of Persons with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *36*(1), 77-90. https://doi.org/10.1007/s10803-005-0044-3

Ismael, N., Lawson, L. M., & Hartwell, J. (2018). Relationship Between Sensory Processing and Participation in Daily Occupations for Children With Autism Spectrum Disorder : A Systematic Review of Studies That Used Dunn's Sensory Processing Framework. *The American Journal of Occupational Therapy : Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, *72*(3), 7203205030p1-7203205030p9. https://doi.org/10.5014/ajot.2018.024075

Jao Keehn, R. J., Sanchez, S. S., Stewart, C. R., Zhao, W., Grenesko-Stevens, E. L., Keehn, B., & Müller, R. (2017). Impaired downregulation of visual cortex during auditory processing is associated with autism symptomatology in children and adolescents with autism spectrum disorder. *Autism Research*, *10*(1), 130-143. https://doi.org/10.1002/aur.1636

Jaswal, V. K., & Akhtar, N. (2019). Being versus appearing socially uninterested : Challenging assumptions about social motivation in autism. *Behavioral and Brain Sciences*, *42*, e82. https://doi.org/10.1017/S0140525X18001826

Jiao, D., Xu, Y., Tian, F., Zhou, Y., Chen, D., & Wang, Y. (2024). Establishment of animal

models and behavioral studies for autism spectrum disorders. *The Journal of International Medical Research*, *52*(4), 3000605241245293. https://doi.org/10.1177/03000605241245293

Jorquera-Cabrera, S., Romero-Ayuso, D., Rodriguez-Gil, G., & Triviño-Juárez, J.-M. (2017). Assessment of Sensory Processing Characteristics in Children between 3 and 11 Years Old : A Systematic Review. *Frontiers in Pediatrics*, *5*, 57. https://doi.org/10.3389/fped.2017.00057

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. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00855.x

Joyce, C., Honey, E., Leekam, S. R., Barrett, S. L., & Rodgers, J. (2017). Anxiety, Intolerance of Uncertainty and Restricted and Repetitive Behaviour : Insights Directly from Young People with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *47*(12), 3789-3802. https://doi.org/10.1007/s10803-017-3027-2

Jumah, F., Ghannam, M., Jaber, M., Adeeb, N., & Tubbs, R. S. (2016). Neuroanatomical variation in autism spectrum disorder : A comprehensive review: Neuroanatomical Variation in Autism Spectrum Disorder. *Clinical Anatomy*, *29*(4), 454-465. https://doi.org/10.1002/ca.22717

Justus, T., & List, A. (2005). Auditory attention to frequency and time : An analogy to visual local–global stimuli. *Cognition*, *98*(1), 31-51. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.11.001

Kandel, E. (1993). Cellular of learning and the biological basis of individuality. In E. Kandel & J. H. Schawrtz (Éds.), *Principles of Neural Science: Vol. Vol. 1* (3rd ed., p. 009-1031). New York: Elsevier.

Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, *2*, 217-250.

Kapp, S. K., Gillespie-Lynch, K., Sherman, L. E., & Hutman, T. (2013). Deficit, difference, or both? Autism and neurodiversity. *Developmental Psychology*, *49*(1), 59-71. https://doi.org/10.1037/a0028353

Kapp, S. K., Steward, R., Crane, L., Elliott, D., Elphick, C., Pellicano, E., & Russell, G. (2019). ‘People should be allowed to do what they like’ : Autistic adults’ views and experiences of stimming. *Autism*, *23*(7), 1782-1792. https://doi.org/10.1177/1362361319829628

Kashefimehr, B., Kayihan, H., & Huri, M. (2018). The Effect of Sensory Integration Therapy on Occupational Performance in Children With Autism. *OTJR: Occupational Therapy Journal of Research*, *38*(2), 75-83. https://doi.org/10.1177/1539449217743456

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 : JINS*, *14*(6), 990-1003. https://doi.org/10.1017/S1355617708081356

Kemner, C., Verbaten, M. N., Cuperus, J. M., Camfferman, G., & van Engeland, H. (1995). Auditory event-related brain potentials in autistic children and three different control groups. *Biological Psychiatry*, *38*(3), 150-165. https://doi.org/10.1016/0006-3223(94)00247-Z

Kenny, L., Hattersley, C., Molins, B., Buckley, C., Povey, C., & Pellicano, E. (2016). Which terms should be used to describe autism? Perspectives from the UK autism community. *Autism*, *20*(4), 442-462. https://doi.org/10.1177/1362361315588200

Kern, J. K., Trivedi, M. H., Grannemann, B. D., Garver, C. R., Johnson, D. G., Andrews, A. A., Savla, J. S., Mehta, J. A., & Schroeder, J. L. (2007). Sensory correlations in autism. *Autism : The International Journal of Research and Practice*, *11*(2), 123-134. https://doi.org/10.1177/1362361307075702

Kilroy, E., Aziz-Zadeh, L., & Cermak, S. (2019). Ayres Theories of Autism and Sensory Integration Revisited : What Contemporary Neuroscience Has to Say. *Brain Sciences*, *9*(3), 68. https://doi.org/10.3390/brainsci9030068

Kirby, A. V., Dickie, V. A., & Baranek, G. T. (2015). Sensory experiences of children with autism spectrum disorder : In their own words. *Autism*, *19*(3), 316-326. https://doi.org/10.1177/1362361314520756

Kirby, A. V., Little, L. M., Schultz, B., & Baranek, G. T. (2015). Observational

Characterization of Sensory Interests, Repetitions, and Seeking Behaviors. *The American Journal of Occupational Therapy*, *69*(3), 6903220010p1-6903220010p9. https://doi.org/10.5014/ajot.2015.015081

Kohane, I. S., McMurry, A., Weber, G., MacFadden, D., Rappaport, L., Kunkel, L., Bickel, J., Wattanasin, N., Spence, S., Murphy, S., & Churchill, S. (2012). The Co-Morbidity Burden of Children and Young Adults with Autism Spectrum Disorders. *PLoS ONE*, *7*(4), e33224. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033224

Korb, S., & Delplanque, S. (2013). Chapitre 8. Électromyographie (EMG): In *Électrophysiologie de la cognition* (p. 179-194). Dunod. https://doi.org/10.3917/dunod.hot.2013.01.0179

Kovács, I., & Julesz, B. (1993). A closed curve is much more than an incomplete one : Effect of closure in figure-ground segmentation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *90*(16), 7495-7497. https://doi.org/10.1073/pnas.90.16.7495

Kujala, T., Kuuluvainen, S., Saalasti, S., Jansson-Verkasalo, E., Wendt, L. von, & Lepistö, T. (2010). Speech-feature discrimination in children with Asperger syndrome as determined with the multi-feature mismatch negativity paradigm. *Clinical Neurophysiology : Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *121*(9), 1410-1419. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2010.03.017

Kumazaki, H., Muramatsu, T., Fujisawa, T. X., Miyao, M., Matsuura, E., Okada, K., Kosaka, H., Tomoda, A., & Mimura, M. (2016). Assessment of olfactory detection thresholds in children with autism spectrum disorders using a pulse ejection system. *Molecular Autism*, *7*(1), 6. https://doi.org/10.1186/s13229-016-0071-2

Kundu, S., Sair, H., Sherr, E. H., Mukherjee, P., & Rohde, G. K. (2024). Discovering the gene-brain-behavior link in autism via generative machine learning. *Science Advances*, *10*(24), eadl5307. https://doi.org/10.1126/sciadv.adl5307

Kuo, S. S., Van Der Merwe, C., Fu, J. M., Carey, C. E., Talkowski, M. E., Bishop, S. L., & Robinson, E. B. (2022). Developmental Variability in Autism Across 17 000 Autistic Individuals and 4000 Siblings Without an Autism Diagnosis : Comparisons by Cohort, Intellectual Disability, Genetic Etiology, and Age at Diagnosis. *JAMA Pediatrics*,

176(9), 915. https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2022.2423

Kushki, A., Drumm, E., Pla Mobarak, M., Tanel, N., Dupuis, A., Chau, T., & Anagnostou, E. (2013). Investigating the Autonomic Nervous System Response to Anxiety in Children with Autism Spectrum Disorders. *PLoS ONE*, *8*(4), e59730. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059730

Kwakye, L. D., Foss-Feig, J. H., Cascio, C. J., Stone, W. L., & Wallace, M. T. (2011). Altered auditory and multisensory temporal processing in autism spectrum disorders. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *4*. APA PsycInfo. https://doi.org/10.3389/fnint.2010.00129

Lai, M.-C., Lombardo, M. V., & Baron-Cohen, S. (2014). Autism. *The Lancet*, *383*(9920), 896-910. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61539-1

Lainhart, J. E., Piven, J., Wzorek, M., Landa, R., Santangelo, S. L., Coon, H., & Folstein, S. E. (1997). Macrocephaly in Children and Adults With Autism. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *36*(2), 282-290. https://doi.org/10.1097/00004583-199702000-00019

Lalor, E. C., Pearlmutter, B. A., Reilly, R. B., McDarby, G., & Foxe, J. J. (2006). The VESPA : A method for the rapid estimation of a visual evoked potential. *NeuroImage*, *32*(4), 1549-1561. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.05.054

Lane, S. J., Mailloux, Z., Schoen, S., Bundy, A., May-Benson, T. A., Parham, L. D., Smith Roley, S., & Schaaf, R. C. (2019). Neural Foundations of Ayres Sensory Integration®. *Brain Sciences*, *9*(7). https://doi.org/10.3390/brainsci9070153

Lane, S. J., Reynolds, S., & Dumenci, L. (2012). Sensory overresponsivity and anxiety in typically developing children and children with autism and attention deficit hyperactivity disorder : Cause or coexistence? *American Journal of Occupational Therapy*, *66*(5), 595-603. APA PsycInfo. https://doi.org/10.5014/ajot.2012.004523

Lawson, R. P., Rees, G., & Friston, K. J. (2014). An aberrant precision account of autism. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00302

Lazerwitz, M. C., Rowe, M. A., Trimarchi, K. J., Garcia, R. D., Chu, R., Steele, M. C.,

Parekh, S., Wren-Jarvis, J., Bourla, I., Mark, I., Marco, E. J., & Mukherjee, P. (2022). Brief Report : Characterization of Sensory Over-Responsivity in a Broad Neurodevelopmental Concern Cohort Using the Sensory Processing Three Dimensions (SP3D) Assessment. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. https://doi.org/10.1007/s10803-022-05747-0

Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the Sensory Abnormalities of Children and Adults with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *37*(5), 894-910. https://doi.org/10.1007/s10803-006-0218-7

Leekam, S. R., Prior, M. R., & Uljarevic, M. (2011). Restricted and repetitive behaviors in autism spectrum disorders : A review of research in the last decade. *Psychological Bulletin*, *137*(4), 562-593. https://doi.org/10.1037/a0023341

Levy, S. E., Giarelli, E., Lee, L.-C., Schieve, L. A., Kirby, R. S., Cunniff, C., Nicholas, J., Reaven, J., & Rice, C. E. (2010). Autism Spectrum Disorder and Co-occurring Developmental, Psychiatric, and Medical Conditions Among Children in Multiple Populations of the United States. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, *31*(4), 267-275. https://doi.org/10.1097/DBP.0b013e3181d5d03b

Lincoln, A. J., Courchesne, E., Harms, L., & Allen, M. (1995). Sensory modulation of auditory stimuli in children with autism and receptive developmental language disorder : Event-related brain potential evidence. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *25*(5), 521-539. https://doi.org/10.1007/BF02178298

Linke, A. C., Jao Keehn, R. J., Pueschel, E. B., Fishman, I., & Müller, R.-A. (2018). Children with ASD show links between aberrant sound processing, social symptoms, and atypical auditory interhemispheric and thalamocortical functional connectivity. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *29*, 117-126. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.01.007

Little, L. M., Ausderau, K., Freuler, A., Sideris, J., & Baranek, G. T. (2022). Caregiver Strategies to Sensory Features for Children With Autism and Developmental Disabilities. *Frontiers in Psychology*, *13*, 905154. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.905154

Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P., Risi, S., Gotham, K., & Bishop, S. (2012). *Autism Diagnostic Observation Schedule. 2nd*. Western Psychological Services.

Lu, J., Wang, Z., Liang, Y., & Yao, P. (2022). Rethinking autism : The impact of maternal risk factors on autism development. *American Journal of Translational Research*, *14*(2), 1136-1145.

Ludlow, A., Mohr, B., Whitmore, A., Garagnani, M., Pulvermüller, F., & Gutierrez, R. (2014). Auditory processing and sensory behaviours in children with autism spectrum disorders as revealed by mismatch negativity. *Brain and Cognition*, *86*, 55-63. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.01.016

Luisier, A.-C., Petitpierre, G., Bérod, A. C., Richoz, A.-R., Lao, J., Caldara, R., & Bensafi, M. (2019). Visual and Hedonic Perception of Food Stimuli in Children with Autism Spectrum Disorders and their Relationship to Food Neophobia. *Perception*, *48*(3), 197-213. https://doi.org/10.1177/0301006619828300

Luisier, A.-C., Petitpierre, G., Ferdenzi, C., Bérod, A. C., Giboreau, A., Rouby, C., & Bensaf, M. (2015). Odor perception in children with Autism Spectrum Disorder and its relationship to food neophobia. *Frontiers in Psychology*, *6*. APA PsycInfo. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=psyh&AN=2016-24709-001&lang=fr&site=ehost-live

Lumivero. (2021). *Nvivo* (Version 1.5) [Logiciel]. https://help-nv.qsrinternational.com/20/win/Content/about-nvivo/about-nvivo.htm

MacLennan, K., O'Brien, S., & Tavassoli, T. (2022). In Our Own Words : The Complex Sensory Experiences of Autistic Adults. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *52*(7), 3061-3075. https://doi.org/10.1007/s10803-021-05186-3

MacLennan, K., Roach, L., & Tavassoli, T. (2020). The relationship between sensory reactivity differences and anxiety subtypes in autistic children. *Autism Research*, *13*(5), 785-795. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1002/aur.2259

MacLennan, K., Woolley, C., Andsensory, E., Heasman, B., Starns, J., George, B., & Manning, C. (2023). « It Is a Big Spider Web of Things » : Sensory Experiences of Autistic Adults in Public Spaces. *Autism in Adulthood: Challenges and Management*,

5(4), 411-422. https://doi.org/10.1089/aut.2022.0024

Maenner, M. J., Warren, Z., Williams, A. R., Amoakohene, E., Bakian, A. V., Bilder, D. A., Durkin, M. S., Fitzgerald, R. T., Furnier, S. M., Hughes, M. M., Ladd-Acosta, C. M., McArthur, D., Pas, E. T., Salinas, A., Vehorn, A., Williams, S., Esler, A., Grzybowski, A., Hall-Lande, J., … Shaw, K. A. (2023). Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years—Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2020. *MMWR. Surveillance Summaries*, *72*(2), 1-14. https://doi.org/10.15585/mmwr.ss7202a1

Mamashli, F., Khan, S., Bharadwaj, H., Michmizos, K., Ganesan, S., Garel, K. A., Ali Hashmi, J., Herbert, M. R., Hämäläinen, M., & Kenet, T. (2017). Auditory processing in noise is associated with complex patterns of disrupted functional connectivity in autism spectrum disorder. *Autism Research*, *10*(4), 631-647. https://doi.org/10.1002/aur.1714

Mandy, W., & Lai, M.-C. (2016). Annual Research Review : The role of the environment in the developmental psychopathology of autism spectrum condition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *57*(3), 271-292. https://doi.org/10.1111/jcpp.12501

Manjaly, Z. M., Bruning, N., Neufang, S., Stephan, K. E., Brieber, S., Marshall, J. C., Kamp-Becker, I., Remschmidt, H., Herpertz-Dahlmann, B., Konrad, K., & Fink, G. R. (2007). Neurophysiological correlates of relatively enhanced local visual search in autistic adolescents. *NeuroImage*, *35*(1), 283-291. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.11.036

Marco, E. J., Hinkley, L. B. N., Hill, S. S., & Nagarajan, S. S. (2011). Sensory Processing in Autism : A Review of Neurophysiologic Findings: *Pediatric Research*, *69*(5 Part 2), 48R-54R. https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e3182130c54

Markram, H. (2007). The intense world syndrome – an alternative hypothesis for autism. *Frontiers in Neuroscience*, *1*(1), 77-96. https://doi.org/10.3389/neuro.01.1.1.006.2007

Markram, K., & Markram, H. (2010). The Intense World Theory – A Unifying Theory of the Neurobiology of Autism. *Frontiers in Human Neuroscience*, *4*, 224. https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00224

Markram, K., Rinaldi, T., Mendola, D. L., Sandi, C., & Markram, H. (2008). Abnormal Fear Conditioning and Amygdala Processing in an Animal Model of Autism. *Neuropsychopharmacology*, *33*(4), 901-912. https://doi.org/10.1038/sj.npp.1301453

Masi, A., DeMayo, M. M., Glozier, N., & Guastella, A. J. (2017). An Overview of Autism Spectrum Disorder, Heterogeneity and Treatment Options. *Neuroscience Bulletin*, *33*(2), 183-193. https://doi.org/10.1007/s12264-017-0100-y

Matsuzaki, J., Ku, M., Dipiero, M., Chiang, T., Saby, J., Blaskey, L., Kuschner, E. S., Kim, M., Berman, J. I., Bloy, L., Chen, Y., Dell, J., Liu, S., Brodkin, E. S., Embick, D., & Roberts, T. P. L. (2019). Delayed Auditory Evoked Responses in Autism Spectrum Disorder across the Life Span. *Developmental Neuroscience*, *41*(3-4), 223-233. https://doi.org/10.1159/000504960

Mayo, J., Chlebowski, C., Fein, D. A., & Eigsti, I.-M. (2013). Age of First Words Predicts Cognitive Ability and Adaptive Skills in Children with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(2), 253-264. https://doi.org/10.1007/s10803-012-1558-0

Mazurek, M. O., & Petroski, G. F. (2015). Sleep problems in children with autism spectrum disorder : Examining the contributions of sensory over-responsivity and anxiety. *Sleep Medicine*, *16*(2), 270-279. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.11.006

McConachie, H., Parr, J. R., Glod, M., Hanratty, J., Livingstone, N., Oono, I. P., Robalino, S., Baird, G., Beresford, B., Charman, T., Garland, D., Green, J., Gringras, P., Jones, G., Law, J., Couteur, A. S. L., Macdonald, G., McColl, E. M., Morris, C., … Williams, K. (2015). *Systematic review of tools to measure outcomes for young children with autism spectrum disorder*. 538.

McCormick, C., Hepburn, S., Young, G. S., & Rogers, S. J. (2016). Sensory symptoms in children with autism spectrum disorder, other developmental disorders and typical development : A longitudinal study. *Autism*, *20*(5), 572-579. https://doi.org/10.1177/1362361315599755

McCormick, C., Hessl, D., Macari, S. L., Ozonoff, S., Green, C., & Rogers, S. J. (2014). Electrodermal and Behavioral Responses of Children With Autism Spectrum Disorders to Sensory and Repetitive Stimuli. *Autism Research*, *7*(4), 468-480.

https://doi.org/10.1002/aur.1382

McIntosh, D. N., Miller, L. J., Shyu, V., & Dunn, W. (1999). Development and validation of the short sensory profile. In *Sensory Profile : User's manual* (p. 59-73). Psychological Corporation.

McMahon, K., Anand, D., Morris-Jones, M., & Rosenthal, M. Z. (2019). A Path From Childhood Sensory Processing Disorder to Anxiety Disorders : The Mediating Role of Emotion Dysregulation and Adult Sensory Processing Disorder Symptoms. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *13*, 22. https://doi.org/10.3389/fnint.2019.00022

Meador, K. J., & Loring, D. W. (2013). Prenatal valproate exposure is associated with autism spectrum disorder and childhood autism. *The Journal of Pediatrics*, *163*(3), 922-926. https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2013.06.050

Meilleur, A., Foster, N. E. V., Coll, S.-M., Brambati, S. M., & Hyde, K. L. (2020). Unisensory and multisensory temporal processing in autism and dyslexia : A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *116*, 44-63. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.06.013

Merchie, A., & Gomot, M. (2023). Habituation, Adaptation and Prediction Processes in Neurodevelopmental Disorders : A Comprehensive Review. *Brain Sciences*, *13*(7), 1110. https://doi.org/10.3390/brainsci13071110

Miller, L. J., Anzalone, M. E., Lane, S. J., Cermak, S. A., & Osten, E. T. (2007). Concept Evolution in Sensory Integration : A Proposed Nosology for Diagnosis. *The American Journal of Occupational Therapy*, *61*(2), 135-140. https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.135

Miller, L. J., Reisman, J. E., McIntosh, D. N., & Simon, J. (2001). An ecological model of sensory modulation. In *Understanding the Nature of Sensory Integration in Diverse Populations* (p. 57-88). TX: Therapy Skill Builders.

Milne, E., Griffiths, H., Buckley, D., & Scope, A. (2009). Vision in children and adolescents with autistic spectrum disorder : Evidence for reduced convergence. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(7), 965-975. https://doi.org/10.1007/s10803-009-0705-8

Milne, E., Scope, A., Griffiths, H., Codina, C., & Buckley, D. (2013). Brief report : Preliminary evidence of reduced sensitivity in the peripheral visual field of adolescents with autistic spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(8), 1976-1982. https://doi.org/10.1007/s10803-012-1730-6

Ministère du Travail de la Santé et des Solidarités. (2023, novembre). *Dossier de presse : Stratégie nationale TND 2023-2027*. Délégation interministérielle à la stratégie nationale pour les troubles du neurodéveloppement : Autisme, Dys, Tdah, Tdi. https://handicap.gouv.fr/sites/handicap/files/2023-11/DP%20stratégie%20nationale%20TND%202023_2027.pdf

Mitchell, P., Sheppard, E., & Cassidy, S. (2021). Autism and the double empathy problem : Implications for development and mental health. *British Journal of Developmental Psychology*, *39*(1), 1-18. https://doi.org/10.1111/bjdp.12350

Mody, M., & Belliveau, J. W. (2012). Speech and Language Impairments in Autism : Insights from Behavior and Neuroimaging. *American Chinese Journal of Medicine and Science*, *5*(3), 157. https://doi.org/10.7156/v5i3p157

Mohammad-Rezazadeh, I., Frohlich, J., Loo, S. K., & Jeste, S. S. (2016). Brain connectivity in autism spectrum disorder. *Current Opinion in Neurology*, *29*(2), 137-147. https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000301

Mokkink, L. B., de Vet, H. C. W., Prinsen, C. a. C., Patrick, D. L., Alonso, J., Bouter, L. M., & Terwee, C. B. (2018). COSMIN Risk of Bias checklist for systematic reviews of Patient-Reported Outcome Measures. *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation*, *27*(5), 1171-1179. https://doi.org/10.1007/s11136-017-1765-4

Molholm, S., Murphy, J. W., Bates, J., Ridgway, E. M., & Foxe, J. J. (2020). Multisensory Audiovisual Processing in Children With a Sensory Processing Disorder (I) : Behavioral and Electrophysiological Indices Under Speeded Response Conditions. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *14*, 4. https://doi.org/10.3389/fnint.2020.00004

Mottron, L., & Bzdok, D. (2020). Autism spectrum heterogeneity : Fact or artifact? *Molecular Psychiatry*, *25*(12), 3178-3185. https://doi.org/10.1038/s41380-020-0748-y

Moutier, S. (2015). Le rôle des émotions dans les jeux de hasard et d'argent. Développement typique et atypique des capacités de prise de décision: *Psychotropes*, *Vol. 21*(2), 9-21. https://doi.org/10.3917/psyt.212.0009

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. *Cerebral Cortex*, *21*(10), 2233-2243. https://doi.org/10.1093/cercor/bhq296

Mulligan, S. (1998). Patterns of Sensory Integration Dysfunction : A Confirmatory Factor Analysis. *The American Journal of Occupational Therapy*, *52*(10), 819-828. https://doi.org/10.5014/ajot.52.10.819

Muratori, F., Tonacci, A., Billeci, L., Catalucci, T., Igliozzi, R., Calderoni, S., & Narzisi, A. (2017). Olfactory processing in male children with autism : Atypical odor threshold and identification. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *47*(10), 3243-3251. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1007/s10803-017-3250-x

Näätänen, R. (1995). The mismatch negativity : A powerful tool for cognitive neuroscience. *Ear and Hearing*, *16*(1), 6-18.

Näätänen, R., & Alho, K. (1995). Mismatch negativity-a unique measure of sensory processing in audition. *International Journal of Neuroscience*, *80*(1-4), 317-337. https://doi.org/10.3109/00207459508986107

National Center for Clinical Infant Programs (Éd.). (1994). *DC:0-3R: Diagnostic classification of mental health and developmental disorders of infancy and early childhood*. VA: Zero To Three.

National Health Society. (2007). *Assessment, diagnosis and clinical interventions for children and young people with autism spectrum disorders : A national clinical guideline*. https://www.autismeurope.org/wp-content/uploads/2017/08/Assessment-diagnosis-and-clinical-interventions-for-children-and-young-people-with-ASD.pdf

Norcia, A. M., Appelbaum, L. G., Ales, J. M., Cottereau, B. R., & Rossion, B. (2015). The steady-state visual evoked potential in vision research : A review. *Journal of Vision*, *15*(6), 4. https://doi.org/10.1167/15.6.4

Oram Cardy, J. E., Flagg, E. J., Roberts, W., & Roberts, T. P. L. (2008). Auditory evoked fields predict language ability and impairment in children. *International Journal of Psychophysiology*, *68*(2), 170-175. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.10.015

Orekhova, E. V., Stroganova, T. A., Prokofiev, A. O., Nygren, G., Gillberg, C., & Elam, M. (2009). The right hemisphere fails to respond to temporal novelty in autism : Evidence from an ERP study. *Clinical Neurophysiology*, *120*(3), 520-529. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.12.034

Orekhova, E. V., Tsetlin, M. M., Butorina, A. V., Novikova, S. I., Gratchev, V. V., Sokolov, P. A., Elam, M., & Stroganova, T. A. (2012). Auditory Cortex Responses to Clicks and Sensory Modulation Difficulties in Children with Autism Spectrum Disorders (ASD). *PLOS ONE*, *7*(6), e39906. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039906

Ostrolenk, A., Bao, V. A., Mottron, L., Collignon, O., & Bertone, A. (2019). Reduced multisensory facilitation in adolescents and adults on the Autism Spectrum. *Scientific Reports*, *9*(1), 11965. https://doi.org/10.1038/s41598-019-48413-9

Otto-Meyer, S., Krizman, J., White-Schwoch, T., & Kraus, N. (2018). Children with autism spectrum disorder have unstable neural responses to sound. *Experimental Brain Research*, *236*(3), 733-743. https://doi.org/10.1007/s00221-017-5164-4

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement : An updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, *10*(1), 89. https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4

Palkovitz, R. J., & Wiesenfeld, A. R. (1980). Differential autonomic responses of autistic and normal children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *10*(3), 347-360. https://doi.org/10.1007/BF02408294

Panju, S., Brian, J., Dupuis, A., Anagnostou, E., & Kushki, A. (2015). Atypical sympathetic arousal in children with autism spectrum disorder and its association with anxiety symptomatology. *Molecular Autism*, *6*(1), 64. https://doi.org/10.1186/s13229-015-

0057-5

Parham, L. D., & Ecker, C. (2007). *Sensory Processing Measure (SPM)* (Western Psychological Services).

Passarello, N., Tarantino, V., Chirico, A., Menghini, D., Costanzo, F., Sorrentino, P., Fucà, E., Gigliotta, O., Alivernini, F., Oliveri, M., Lucidi, F., Vicari, S., Mandolesi, L., & Turriziani, P. (2022). Sensory Processing Disorders in Children and Adolescents : Taking Stock of Assessment and Novel Therapeutic Tools. *Brain Sciences*, *12*(11), 1478. https://doi.org/10.3390/brainsci12111478

Pastor-Cerezuela, G., Fernández-Andrés, M.-I., Sanz-Cervera, P., & Marín-Suelves, D. (2020). The impact of sensory processing on executive and cognitive functions in children with autism spectrum disorder in the school context. *Research in Developmental Disabilities*, *96*, 103540. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.103540

Patriquin, M. A., Hartwig, E. M., Friedman, B. H., Porges, S. W., & Scarpa, A. (2019). Autonomic response in autism spectrum disorder : Relationship to social and cognitive functioning. *Biological Psychology*, *145*, 185-197. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.05.004

Pei, F., Baldassi, S., & Norcia, A. M. (2014). Electrophysiological measures of low-level vision reveal spatial processing deficits and hemispheric asymmetry in autism spectrum disorder. *Journal of Vision*, *14*(11), 3-3. https://doi.org/10.1167/14.11.3

Pellicano, E., & Burr, D. (2012). When the world becomes ‘too real’ : A Bayesian explanation of autistic perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(10), 504-510. https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.08.009

Perez Repetto, L., Jasmin, E., Fombonne, E., Gisel, E., & Couture, M. (2017). Longitudinal Study of Sensory Features in Children with Autism Spectrum Disorder. *Autism Research and Treatment*, *2017*, 1-8. https://doi.org/10.1155/2017/1934701

Petitpierre, G., Luisier, A.-C., & Bensafi, M. (2021). Eating behavior in autism : Senses as a window towards food acceptance. *Current Opinion in Food Science*, *41*, 210-216. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.015

Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences : A Practical Guide* (1re éd.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9780470754887

Pfeiffer, B., Coster, W., Snethen, G., Derstine, M., Piller, A., & Tucker, C. (2017). Caregivers' Perspectives on the Sensory Environment and Participation in Daily Activities of Children With Autism Spectrum Disorder. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, *71*(4), 7104220020p1-7104220028p9. https://doi.org/10.5014/ajot.2017.021360

Phillips, M., & Pozzo-Miller, L. (2015). Dendritic spine dysgenesis in autism related disorders. *Neuroscience Letters*, *601*, 30-40. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2015.01.011

Pizzarelli, R., & Cherubini, E. (2011). Alterations of GABAergic Signaling in Autism Spectrum Disorders. *Neural Plasticity*, *2011*, 1-12. https://doi.org/10.1155/2011/297153

Porges, S. W. (2003). The Polyvagal Theory : Phylogenetic contributions to social behavior. *Physiology & Behavior*, *79*(3), 503-513. https://doi.org/10.1016/S0031-9384(03)00156-2

Port, R. G., Oberman, L. M., & Roberts, T. P. (2019). Revisiting the excitation/inhibition imbalance hypothesis of ASD through a clinical lens. *The British Journal of Radiology*, *92*(1101), 20180944. https://doi.org/10.1259/bjr.20180944

Prince, E. B., Kim, E. S., Wall, C. A., Gisin, E., Goodwin, M. S., Simmons, E. S., Chawarska, K., & Shic, F. (2017). The relationship between autism symptoms and arousal level in toddlers with autism spectrum disorder, as measured by electrodermal activity. *Autism*, *21*(4), 504-508. https://doi.org/10.1177/1362361316648816

Prinsen, C. A. C., Mokkink, L. B., Bouter, L. M., Alonso, J., Patrick, D. L., De Vet, H. C. W., & Terwee, C. B. (2018). COSMIN guideline for systematic reviews of patient-reported outcome measures. *Quality of Life Research*, *27*(5), 1147-1157. https://doi.org/10.1007/s11136-018-1798-3

Purcell, A. E., Jeon, O. H., Zimmerman, A. W., Blue, M. E., & Pevsner, J. (2001).

Postmortem brain abnormalities of the glutamate neurotransmitter system in autism. *Neurology*, *57*(9), 1618-1628. https://doi.org/10.1212/WNL.57.9.1618

Qiu, S., Aldinger, K. A., & Levitt, P. (2012). Modeling of Autism Genetic Variations in Mice : Focusing on Synaptic and Microcircuit Dysfunctions. *Developmental Neuroscience*, *34*(2-3), 88-100. https://doi.org/10.1159/000336644

Redcay, E., & Courchesne, E. (2005). When Is the Brain Enlarged in Autism? A Meta-Analysis of All Brain Size Reports. *Biological Psychiatry*, *58*(1), 1-9. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.03.026

Reynolds, S., Lane, S. J., & Thacker, L. (2012). Sensory Processing, Physiological Stress, and Sleep Behaviors in Children with and without Autism Spectrum Disorders. *OTJR: Occupation, Participation and Health*, *32*(1), 246-257. https://doi.org/10.3928/15394492-20110513-02

Richard, G. J., & Ferre, M. J. (2006). Differential Screening Test for Processing. *East Moline, IL: LinguiSystems, Inc.*

Rinaldi, T., Silberberg, G., & Markram, H. (2008). Hyperconnectivity of Local Neocortical Microcircuitry Induced by Prenatal Exposure to Valproic Acid. *Cerebral Cortex*, *18*(4), 763-770. https://doi.org/10.1093/cercor/bhm117

Riquelme, I., Hatem, S. M., & Montoya, P. (2016). Abnormal Pressure Pain, Touch Sensitivity, Proprioception, and Manual Dexterity in Children with Autism Spectrum Disorders. *Neural Plasticity*, *2016*, 1723401. https://doi.org/10.1155/2016/1723401

Roberts, T. P. L., Bloy, L., Ku, M., Blaskey, L., Jackel, C. R., Edgar, J. C., & Berman, J. I. (2020). A Multimodal Study of the Contributions of Conduction Velocity to the Auditory Evoked Neuromagnetic Response : Anomalies in Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, *13*(10), 1730-1745. https://doi.org/10.1002/aur.2369

Roberts, T. P. L., Khan, S. Y., Rey, M., Monroe, J. F., Cannon, K., Blaskey, L., Woldoff, S., Qasmieh, S., Gandal, M., Schmidt, G. L., Zarnow, D. M., Levy, S. E., & Edgar, J. C. (2010). MEG detection of delayed auditory evoked responses in autism spectrum disorders : Towards an imaging biomarker for autism. *Autism Research*, *3*(1), 8-18. https://doi.org/10.1002/aur.111

Robertson, C. E., & Baron-Cohen, S. (2017). Sensory perception in autism. *Nature Reviews Neuroscience*, *18*(11), 671-684. https://doi.org/10.1038/nrn.2017.112

Rødgaard, E.-M., Jensen, K., Vergnes, J.-N., Soulières, I., & Mottron, L. (2019). Temporal Changes in Effect Sizes of Studies Comparing Individuals With and Without Autism : A Meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, *76*(11), 1124. https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2019.1956

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. https://doi.org/10.1023/B:JADD.0000006000.38991.a7

Romine, W., Schroeder, N., Banerjee, T., & Graft, J. (2022). Toward Mental Effort Measurement Using Electrodermal Activity Features. *Sensors*, *22*(19), 7363. https://doi.org/10.3390/s22197363

Rosales, M. R., Romack, J., & Angulo-Barroso, R. (2018). sEMG Analysis During Landing in Children With Autism Spectrum Disorder : A Pilot Study. *Pediatric Physical Therapy*, *30*(3), 192-194. https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000514

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

Rosen, N. E., Lord, C., & Volkmar, F. R. (2021). The Diagnosis of Autism : From Kanner to DSM-III to DSM-5 and Beyond. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *51*(12), 4253-4270. https://doi.org/10.1007/s10803-021-04904-1

Rothman, M., Burke, L., Erickson, P., Leidy, N. K., Patrick, D. L., & Petrie, C. D. (2009). Use of Existing Patient-Reported Outcome (PRO) Instruments and Their Modification : The ISPOR Good Research Practices for Evaluating and Documenting Content Validity for the Use of Existing Instruments and Their Modification PRO Task Force Report. *Value in Health*, *12*(8), 1075-1083. https://doi.org/10.1111/j.1524-4733.2009.00603.x

Royeen, C. B., & Lane, S. J. (1991). Tactile processing and sensory defensiveness. In G. Fisher, E. A. Murray, & A. C. Bundy (Éds.), *Sensory Integration : Theory and Practice* (F. A. Davis, p. 108-136).

Rubenstein, J. L. R., & Merzenich, M. M. (2003). Model of autism : Increased ratio of excitation/inhibition in key neural systems. *Genes, Brain and Behavior*, *2*(5), 255-267. https://doi.org/10.1034/j.1601-183X.2003.00037.x

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

Russo, N., Foxe, J. J., Brandwein, A. B., Altschuler, T., Gomes, H., & Molholm, S. (2010). Multisensory processing in children with autism : High-density electrical mapping of auditory-somatosensory integration. *Autism Research*, *3*(5), 253-267. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1002/aur.152

Russo, N., Zecker, S., Trommer, B., Chen, J., & Kraus, N. (2009). Effects of background noise on cortical encoding of speech in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(8), 1185-1196. https://doi.org/10.1007/s10803-009-0737-0

Rutter, M., Le Couteur, A., & Lord, C. (2003). *Autism diagnostic interview-revised* (29). Western Psychological Services.

Sacks, O., & Cler, C. (1996). *Un anthropologue sur Mars : Sept histoires paradoxales*. Éd. du Seuil.

Schaaf, R. C., Benevides, T., Mailloux, Z., Faller, P., Hunt, J., van Hooydonk, E., Freeman, R., Leiby, B., Sendecki, J., & Kelly, D. (2014). An intervention for sensory difficulties in children with autism : A randomized trial. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *44*(7), 1493-1506. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1007/s10803-013-1983-8

Schaaf, R. C., Toth-Cohen, S., Johnson, S. L., Outten, G., & Benevides, T. W. (2011). The everyday routines of families of children with autism : Examining the impact of sensory processing difficulties on the family. *Autism*, *15*(3), 373-389.

https://doi.org/10.1177/1362361310386505

Schauder, K. B., & Bennetto, L. (2016). Toward an Interdisciplinary Understanding of Sensory Dysfunction in Autism Spectrum Disorder : An Integration of the Neural and Symptom Literatures. *Frontiers in Neuroscience*, *10*(268), 30-47. https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00268

Schauder, K. B., Park, W. J., Tadin, D., & Bennetto, L. (2017). Larger Receptive Field Size as a Mechanism Underlying Atypical Motion Perception in Autism Spectrum Disorder. *Clinical Psychological Science*, *5*(5), 827-842. https://doi.org/10.1177/2167702617707733

Scheerer, N. E., Pourtousi, A., Yang, C., Ding, Z., Stojanoski, B., Anagnostou, E., Nicolson, R., Kelley, E., Georgiades, S., Crosbie, J., Schachar, R., Ayub, M., & Stevenson, R. A. (2024). Transdiagnostic Patterns of Sensory Processing in Autism and ADHD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *54*(1), 280-292. https://doi.org/10.1007/s10803-022-05798-3

Scheydt, S., Müller Staub, M., Frauenfelder, F., Nielsen, G. H., Behrens, J., & Needham, I. (2017). Sensory overload : A concept analysis. *International Journal of Mental Health Nursing*, *26*(2), 110-120. https://doi.org/10.1111/inm.12303

Schoen, S. A. (2009). Physiological and behavioral differences in sensory processing : A comparison of children with Autism Spectrum Disorder and Sensory Processing Disorder. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *3*. https://doi.org/10.3389/neuro.07.029.2009

Schoen, S. A., Miller, L. J., Brett-Green, B. A., & Nielsen, D. M. (2009). Physiological and Behavioral Differences in Sensory Processing : A Comparison of Children with Autism Spectrum Disorder and Sensory Modulation Disorder. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *3*(29). https://doi.org/10.3389/neuro.07.029.2009

Schoen, S. A., Miller, L. J., & Green, K. E. (2008). Pilot Study of the Sensory Over-Responsivity Scales : Assessment and Inventory. *The American Journal of Occupational Therapy*, *62*(4), 393-406. https://doi.org/10.5014/ajot.62.4.393

Schoen, S. A., Miller, L. J., & Sullivan, J. (2017). The development and psychometric

properties of the Sensory Processing Scale Inventory : A report measure of sensory modulation. *Journal of Intellectual and Developmental Disability*, *42*(1), 12-21. APA PsycInfo. https://doi.org/10.3109/13668250.2016.1195490

Schoen, S. A., Miller, L. J., & Sullivan, J. C. (2014). Measurement in Sensory Modulation : The Sensory Processing Scale Assessment. *The American Journal of Occupational Therapy*, *68*(5), 522-530. https://doi.org/10.5014/ajot.2014.012377

Schulte-Rüther, M., Otte, E., Adigüzel, K., Firk, C., Herpertz-Dahlmann, B., Koch, I., & Konrad, K. (2017). Intact mirror mechanisms for automatic facial emotions in children and adolescents with autism spectrum disorder. *Autism Research : Official Journal of the International Society for Autism Research*, *10*(2), 298-310. https://doi.org/10.1002/aur.1654

Schulz, S. E., Kelley, E., Anagnostou, E., Nicolson, R., Georgiades, S., Crosbie, J., Schachar, R., Ayub, M., & Stevenson, R. A. (2023). Sensory Processing Patterns Predict Problem Behaviours in Autism Spectrum Disorder and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Advances in Neurodevelopmental Disorders*, *7*(1), 46-58. https://doi.org/10.1007/s41252-022-00269-3

Schupak, B. M., Parasher, R. K., & Zipp, G. P. (2016). Reliability of Electrodermal Activity : Quantifying Sensory Processing in Children With Autism. *The American Journal of Occupational Therapy*, *70*(6), 7006220030p1-7006220030p6. https://doi.org/10.5014/ajot.2016.018291

Seymour, R. A., Rippon, G., Gooding-Williams, G., Schoffelen, J. M., & Kessler, K. (2019). Dysregulated oscillatory connectivity in the visual system in autism spectrum disorder. *Brain: A Journal of Neurology*, *142*(10), 3294-3305. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1093/brain/awz214

Shan, J., Gu, Y., Zhang, J., Hu, X., Wu, H., Yuan, T., & Zhao, D. (2023). A scoping review of physiological biomarkers in autism. *Frontiers in Neuroscience*, *17*, 1269880. https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1269880

Shattuck, P. T., Durkin, M., Maenner, M., Newschaffer, C., Mandell, D. S., Wiggins, L., Lee, L.-C., Rice, C., Giarelli, E., Kirby, R., Baio, J., Pinto-Martin, J., & Cuniff, C. (2009).

Timing of Identification Among Children With an Autism Spectrum Disorder : Findings From a Population-Based Surveillance Study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *48*(5), 474-483. https://doi.org/10.1097/CHI.0b013e31819b3848

Shen, L., Zhang, J., Fan, S., Ping, L., Yu, H., Xu, F., Cheng, Y., Xu, X., Yang, C., & Zhou, C. (2022). Cortical thickness abnormalities in autism spectrum disorder. *European Child & Adolescent Psychiatry*. https://doi.org/10.1007/s00787-022-02133-0

Shuffrey, L., Levinson, L., Becerra, A., Pak, G., Moya Sepulveda, D., Montgomery, A., Green, H., & Froud, K. (2018). Visually Evoked Response Differences to Contrast and Motion in Children with Autism Spectrum Disorder. *Brain Sciences*, *8*(9), 160. https://doi.org/10.3390/brainsci8090160

Sibeoni, J., Massoutier, L., Valette, M., Manolios, E., Verneuil, L., Speranza, M., & Revah-Levy, A. (2022). The sensory experiences of autistic people : A metasynthesis. *Autism: The International Journal of Research and Practice*, *26*(5), 1032-1045. https://doi.org/10.1177/13623613221081188

Siegel-Ramsay, J. E., Romaniuk, L., Whalley, H. C., Roberts, N., Branigan, H., Stanfield, A. C., Lawrie, S. M., & Dauvermann, M. R. (2021). Glutamate and functional connectivity—Support for the excitatory-inhibitory imbalance hypothesis in autism spectrum disorders. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, *313*, 111302. https://doi.org/10.1016/j.pscychresns.2021.111302

Siemann, J. K., Veenstra-VanderWeele, J., & Wallace, M. T. (2020). Approaches to Understanding Multisensory Dysfunction in Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, *13*(9), 1430-1449. https://doi.org/10.1002/aur.2375

Silva, L. M. T., & Schalock, M. (2012). Sense and Self-Regulation Checklist, a Measure of Comorbid Autism Symptoms : Initial Psychometric Evidence. *American Journal of Occupational Therapy*, *66*(2), 177-186. https://doi.org/10.5014/ajot.2012.001578

Simon Powering Autism Research. (2022). *SPARK Gene List* (p. 4). SPARK. https://d2dxtcm9g2oro2.cloudfront.net/wp-content/uploads/2022/10/05140332/SPARK-gene-list-sept-2022.pdf

Simonoff, E., Pickles, A., Charman, T., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2008). Psychiatric Disorders in Children With Autism Spectrum Disorders : Prevalence, Comorbidity, and Associated Factors in a Population-Derived Sample. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *47*(8), 921-929. https://doi.org/10.1097/CHI.0b013e318179964f

Siper, P. M., Kolevzon, A., Wang, A. T., Buxbaum, J. D., & Tavassoli, T. (2017). A clinician-administered observation and corresponding caregiver interview capturing DSM-5 sensory reactivity symptoms in children with ASD : Sensory assessment for neurodevelopmental disorders. *Autism Research*, *10*(6), 1133-1140. https://doi.org/10.1002/aur.1750

Smeekens, I., Didden, R., & Verhoeven, E. (2015). Exploring the Relationship of Autonomic and Endocrine Activity with Social Functioning in Adults with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, *45*(2), 495-505. Academic Search Premier.

Smith, T., Murzek, D. W., & Mozingo, D. (2015). Developmental Disabilities and the Paranormal. In R. M. Foxx & J. A. Mulick (Éds.), *Controversial Therapies for Autism and Intellectual Disabilities* (0 éd., p. 116-140). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315754345-15

Soto, T. W., Ciaramitaro, V. M., & Carter, A. S. (2018). Sensory over responsivity. *Handbook of infant mental health*, 330-344.

Spence, C., Shore, D. I., & Klein, R. M. (2001). Multisensory prior entry. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(4), 799-832. https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.4.799

Spencer, J. V., & O'Brien, J. M. D. (2006). Visual form-processing deficits in autism. *Perception*, *35*(8), 1047-1055. https://doi.org/10.1068/p5328

Stefanou, M. E., Dundon, N. M., Bestelmeyer, P. E. G., Ioannou, C., Bender, S., Biscaldi, M., Smyrnis, N., & Klein, C. (2020). Late attentional processes potentially compensate for early perceptual multisensory integration deficits in children with autism : Evidence from evoked potentials. *Scientific Reports*, *10*(1), 16157.

https://doi.org/10.1038/s41598-020-73022-2

Stevenson, R. A., Ghose, D., Fister, J. K., Sarko, D. K., Altieri, N. A., Nidiffer, A. R., Kurela, L. R., Siemann, J. K., James, T. W., & Wallace, M. T. (2014). Identifying and Quantifying Multisensory Integration : A Tutorial Review. *Brain Topography*, *27*(6), 707-730. https://doi.org/10.1007/s10548-014-0365-7

Stewart, C. R., Sanchez, S. S., Grenesko, E. L., Brown, C. M., Chen, C. P., Keehn, B., Velasquez, F., Lincoln, A. J., & Müller, R.-A. (2016). Sensory Symptoms and Processing of Nonverbal Auditory and Visual Stimuli in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *46*(5), 1590-1601. https://doi.org/10.1007/s10803-015-2367-z

Strömberg, M., Liman, L., Bang, P., & Igelström, K. (2022). Experiences of Sensory Overload and Communication Barriers by Autistic Adults in Health Care Settings. *Autism in Adulthood: Challenges and Management*, *4*(1), 66-75. https://doi.org/10.1089/aut.2020.0074

Suarez, M. A. (2012). Sensory processing in children with autism spectrum disorders and impact on functioning. *Pediatric Clinics of North America*, *59*(1), 203-214, xii-xiii. https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.10.012

Syu, Y.-C., Huang, P.-C., Wang, T.-Y., Chang, Y.-C., & Lin, L.-Y. (2020). Relationship Among Sensory Over-Responsivity, Problem Behaviors, and Anxiety in Emerging Adults with Autism Spectrum Disorder. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, *Volume 16*, 2181-2190. https://doi.org/10.2147/NDT.S270308

Tager-Flusberg, H., & Kasari, C. (2013). Minimally Verbal School-Aged Children with Autism Spectrum Disorder : The Neglected End of the Spectrum. *Autism Research*, *6*(6), 468-478. https://doi.org/10.1002/aur.1329

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), 980-989. https://doi.org/10.1017/S1355617708081277

Tavassoli, T., Bellesheim, K., Siper, P. M., Wang, A. T., Halpern, D., Gorenstein, M.,

Grodberg, D., Kolevzon, A., & Buxbaum, J. D. (2016). Measuring Sensory Reactivity in Autism Spectrum Disorder : Application and Simplification of a Clinician-Administered Sensory Observation Scale. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *46*(1), 287-293. https://doi.org/10.1007/s10803-015-2578-3

Taylor, E. C., Livingston, L. A., Callan, M. J., Ashwin, C., & Shah, P. (2021). Autonomic dysfunction in autism : The roles of anxiety, depression, and stress. *Autism*, *25*(3), 744-752. https://doi.org/10.1177/1362361320985658

Taylor, N., Isaac, C., & Milne, E. (2010). A comparison of the development of audiovisual integration in children with autism spectrum disorders and typically developing children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *40*(11), 1403-1411. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1007/s10803-010-1000-4

Terwee, C. B., Prinsen, C. a. C., Chiarotto, A., Westerman, M. J., Patrick, D. L., Alonso, J., Bouter, L. M., de Vet, H. C. W., & Mokkink, L. B. (2018). COSMIN methodology for evaluating the content validity of patient-reported outcome measures : A Delphi study. *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation*, *27*(5), 1159-1170. https://doi.org/10.1007/s11136-018-1829-0

Thapa, R., Alvares, G. A., Zaidi, T. A., Thomas, E. E., Hickie, I. B., Park, S. H., & Guastella, A. J. (2019). Reduced heart rate variability in adults with autism spectrum disorder. *Autism Research*, *12*(6), 922-930. https://doi.org/10.1002/aur.2104

Thapar, A., & Rutter, M. (2021). Genetic Advances in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *51*(12), 4321-4332. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04685-z

Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of Affective Disorders*, *61*(3), 201-216. https://doi.org/10.1016/S0165-0327(00)00338-4

Tick, B., Bolton, P., Happé, F., Rutter, M., & Rijsdijk, F. (2016). Heritability of autism spectrum disorders : A meta-analysis of twin studies. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *57*(5), 585-595. https://doi.org/10.1111/jcpp.12499

Tola, G., Talu, V., Congiu, T., Bain, P., & Lindert, J. (2021). Built Environment Design and People with Autism Spectrum Disorder (ASD) : A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(6), 3203. https://doi.org/10.3390/ijerph18063203

Tomchek, S. D., & Dunn, W. (2007). Sensory processing in children with and without autism : A comparative study using the Short Sensory Profile. *American Journal of Occupational Therapy*, *61*(2), 190-200. APA PsycInfo. https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.190

Touch Test Sensory Evaluators. (n.d.). North Coast Medical and Rehabilitation Products. https://www.ncmedical.com/products/touch-test-sensory-evaluators_1278.html

Touch Test Two Point Discriminator. (n.d.). https://www.ncmedical.com/products/touch-test-two-point-discriminator_705.html

Tseng, M.-H., Fu, C.-P., Cermak, S. A., Lu, L., & Shieh, J.-Y. (2011). Emotional and behavioral problems in preschool children with autism : Relationship with sensory processing dysfunction. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *5*(4), 1441-1450. https://doi.org/10.1016/j.rasd.2011.02.004

Uzunova, G., Pallanti, S., & Hollander, E. (2016). Excitatory/inhibitory imbalance in autism spectrum disorders : Implications for interventions and therapeutics. *The World Journal of Biological Psychiatry*, *17*(3), 174-186. https://doi.org/10.3109/15622975.2015.1085597

Vernetti, A., Shic, F., Boccanfuso, L., Macari, S., Kane-Grade, F., Milgramm, A., Hilton, E., Heymann, P., Goodwin, M. S., & Chawarska, K. (2020). Atypical Emotional Electrodermal Activity in Toddlers with Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, *13*(9), 1476-1488. https://doi.org/10.1002/aur.2374

Visnovcova, Z., Ferencova, N., Grendar, M., Ondrejka, I., Olexova, L. B., Bujnakova, I., & Tonhajzerova, I. (2023). Electrodermal activity spectral and nonlinear analysis – potential biomarkers for sympathetic dysregulation in autism. *General physiology and biophysics*, *41*(02), 123-131. https://doi.org/10.4149/gpb_2022011

Vlaskamp, C., Oranje, B., Madsen, G. F., Møllegaard Jepsen, J. R., Durston, S., Cantio, C.,

Glenthøj, B., & Bilenberg, N. (2017). Auditory processing in autism spectrum disorder : Mismatch negativity deficits. *Autism Research : Official Journal of the International Society for Autism Research*, *10*(11), 1857-1865. https://doi.org/10.1002/aur.1821

Volkmar, F. R., Klin, A., Siegel, B., Szatmari, P., Lord, C., Campbell, M., Freeman, B. J., Cicchetti, D. V., Rutter, M., Kline, W., Buitelaar, J., Hattab, Y., Fombonne, E., Fuentes, J., Werry, J., Stone, W., Kerbeshian, J., Hoshino, Y., Bregman, J., … Towbin, K. (1994). Field trial for autistic disorder in DSM-IV. *American Journal of Psychiatry*, *151*(9), 1361-1367. https://doi.org/10.1176/ajp.151.9.1361

Volkmar, F., Siegel, M., Woodbury-Smith, M., King, B., McCracken, J., & State, M. (2014). Practice Parameter for the Assessment and Treatment of Children and Adolescents With Autism Spectrum Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *53*(2), 237-257. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2013.10.013

Von Ehrenstein, O. S., Ling, C., Cui, X., Cockburn, M., Park, A. S., Yu, F., Wu, J., & Ritz, B. (2019). Prenatal and infant exposure to ambient pesticides and autism spectrum disorder in children : Population based case-control study. *BMJ*, l962. https://doi.org/10.1136/bmj.l962

von Helmholz, H. (1866). *Helmholtz's treatise on physiological optics*. *10*, 294-295.

Voss, A., & Schovanec, J. (2016). *Comprendre les signaux sensoriels de votre enfant : Être dans le réel : être simple : être sensoriel*. Angie Voss.

Wada, M., Hayashi, K., Seino, K., Ishii, N., Nawa, T., & Nishimaki, K. (2023). Qualitative and quantitative analysis of self-reported sensory issues in individuals with neurodevelopmental disorders. *Frontiers in Psychiatry*, *14*, 1077542. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1077542

Wang, K., Zhang, H., Ma, D., Bucan, M., Glessner, J. T., Abrahams, B. S., Salyakina, D., Imielinski, M., Bradfield, J. P., Sleiman, P. M. A., Kim, C. E., Hou, C., Frackelton, E., Chiavacci, R., Takahashi, N., Sakurai, T., Rappaport, E., Lajonchere, C. M., Munson, J., … Hakonarson, H. (2009). Common genetic variants on 5p14.1 associate with autism spectrum disorders. *Nature*, *459*(7246), 528-533.

https://doi.org/10.1038/nature07999

Wang, Q., Li, H.-Y., Li, Y.-D., Lv, Y.-T., Ma, H.-B., Xiang, A.-F., Jia, X.-Z., & Liu, D.-Q. (2021). Resting-state abnormalities in functional connectivity of the default mode network in autism spectrum disorder : A meta-analysis. *Brain Imaging and Behavior*, *15*(5), 2583-2592. https://doi.org/10.1007/s11682-021-00460-5

Watling, R., & Hauer, S. (2015). Effectiveness of Ayres Sensory Integration® and Sensory-Based Interventions for People With Autism Spectrum Disorder : A Systematic Review. *The American Journal of Occupational Therapy*, *69*(5), 6905180030p1-6905180030p12. https://doi.org/10.5014/ajot.2015.018051

Whitehouse, A. J. O., & Bishop, D. V. M. (2008). Do children with autism « switch off » to speech sounds ? An investigation using event-related potentials. *Developmental Science*, *11*(4), 516-524. APA PsycInfo. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00697.x

WHO, W. H. O. (2019). *International Classification of Diseases, Eleventh Revision (ICD-11)* [Licensed under Creative Commons Attribution-NoDerivatives 3.0 IGO licence (CC BY-ND 3.0 IGO).]. https://icd.who.int/browse11

Williams, D. (1998). *Autism and sensing : The unlost instinct*. Jessica Kingsley Publishers.

Williams, G., King, J., Cunningham, M., Stephan, M., Kerr, B., & Hersh, J. H. (2001). Fetal valproate syndrome and autism : Additional evidence of an association. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *43*(3), 202-206.

Wong, C., Odom, S. L., Hume, K. A., Cox, A. W., Fettig, A., Kucharczyk, S., Brock, M. E., Plavnick, J. B., Fleury, V. P., & Schultz, T. R. (2015). Evidence-Based Practices for Children, Youth, and Young Adults with Autism Spectrum Disorder : A Comprehensive Review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(7), 1951-1966. https://doi.org/10.1007/s10803-014-2351-z

Wu, S., Wu, F., Ding, Y., Hou, J., Bi, J., & Zhang, Z. (2017). Advanced parental age and autism risk in children : A systematic review and meta-analysis. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, *135*(1), 29-41. https://doi.org/10.1111/acps.12666

Yau, S. H., Brock, J., & McArthur, G. (2016). The relationship between spoken language and speech and nonspeech processing in children with autism : A magnetic event-related field study. *Developmental Science*, *19*(5), 834-852. https://doi.org/10.1111/desc.12328

Yeung, L. H. J., & Thomacos, N. (2020). Assessments of sensory processing in infants and children with autism spectrum disorder between 0–12 years old : A scoping review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *72*, 101517. https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101517

Zeidan, J., Fombonne, E., Scorah, J., Ibrahim, A., Durkin, M. S., Saxena, S., Yusuf, A., Shih, A., & Elsabbagh, M. (2022). Global prevalence of autism : A systematic review update. *Autism Research*, *15*(5), 778-790. https://doi.org/10.1002/aur.2696

Zhao, H., Mao, X., Zhu, C., Zou, X., Peng, F., Yang, W., Li, B., Li, G., Ge, T., & Cui, R. (2021). GABAergic System Dysfunction in Autism Spectrum Disorders. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, *9*, 781327. https://doi.org/10.3389/fcell.2021.781327

Annexes

Annexe 1 : Tableaux complémentaires revue systématique

Tableau 41

Caractéristiques des questionnaires sensoriels administrés aux enfants et adolescents autistes

Questionnaires (Auteurs/ années)	Catégories/ sous-catégories	Âge (années)	Échelle / nombre d'items	Théories	Mode d'administration	Population de validation Population Tranche d'âge (année) Femme:Homme
Sensory profile (SP) Dunn, 1994	Sensoriel (6) : audition, vision, goût/odorat, mouvement, position du corps, toucher Comportement (2) : niveau d'activité, émotionnel/social	3-10	5-points / 99	Histoires sensorielles et tests de traitement sensoriel (Ayres, 1979; Cook, 1991; Dunn & Oetter, 1991; Pratt & Allen, 1989; Royeen & Fortune, 1990)	Hétéroquestionnaire	64 enfants avec développement typique 3-10 20:44
Dunn & Westman, 1997	Sensoriel (6) : audition, visuel, goût/odorat, mouvement, position du corps, toucher Comportement (2) : niveau d'activité, émotionnel/social	3-10	5-points / 125	Histoires sensorielles et tests de traitement sensoriel (Ayres, 1979; Cook, 1991; Dunn & Oetter, 1991; Pratt & Allen, 1989; Royeen & Fortune, 1990)	Hétéroquestionnaire	1115 enfants avec développement typique 3-10 554:558
Sensory Profile 2 (SP-2) Dunn, 2014	Sensoriel (6) : audition, visuel, toucher, mouvement, position du corps, oralité Comportement (3) : régulation, socio-émotionnel, attention Quadrants (4) : faible enregistrement, recherche de sensation, sensibilité sensorielle, évitement	3-14	5-points / 86	Seuils neurologiques et réponses comportementales (Dunn, 1997)	Hétéroquestionnaire	NA
Short Sensory profile (SSP) McIntosh, Miller, Shyu, & Dunn, 1999	Sensoriel (7) : tactile, goût/odorat, mouvement, hyporéactivité/recherche de sensation, filtrage auditif, endurance/tonus faible, vision/audition	3-17	5-points / 38	Seuils neurologiques et réponses comportementales (Dunn, 1997)	Hétéroquestionnaire	117 enfants dont : 21 présentant une dysrégulation sur le plan sensoriel 24 syndrome de l'X fragile 35 autisme, syndrome Gille de la Tourette, trisomie 21 37 développement typique 3-17 35:82

Short Sensory profile 2 (SSP-2) Dunn, 2014		3-14	5-points / 34	Seuils neurologiques et réponses comportementales (Dunn, 1997)	Hétéroquestionnaire	NA
Sensory experiences questionnaire (SEQ) Baranek, 2006	Sensoriel (4) : hypo-social, hypo-nonsocial, hyper-social, hyper-nonsocial	0-6	5-points / 21	Hyper- et/ou hyporéactivité; aspect social (Baranek, Reinhartsen, and Wannamaker, 2001)	Hétéroquestionnaire	290 enfants dont : 56 autistes 24 trouble envahissant du développement 33 retard de développement 35 autres retard de développement 110 développement typique 0-6
Sensory experiences questionnaire 3.0 (SEQ-3) Baranek, 2009	Sensoriel (5) : auditif, visuel, tactile, goût/odorat, proprioception/vestibulaire Type (4) : hyperréactivité (HYPER), hyporéactivité (HYPO), intérêt sensoriel (SIRS), perception améliorée (EP) Contexte (2) : social et non-social	2-12	5-points / 105	Ajout conceptuel des théories de Baron-Cohen et al. (2009) sur l'hyperréactivité et de Mottron et al. (2006) sur la perception améliorée	Hétéoriquestionnaire	Ausdereau et al., 2014[b] 1407 enfants avec TSA 2-12
Infant/Toddler Sensory Profile (ITSP) Dunn & Daniels, 2002	Sensoriel (6) : général, audition, vision, tactile, vestibulaire et oral Quadrants (4) : faible enregistrement, recherche de sensation, sensibilité sensorielle, évitement	0-3	5-points / 48	Seuils neurologiques et réponses comportementales (Dunn, 1997)	Hétéroquestionnaire	401 enfants avec développement typique 0-3 196:205
Sensory processing measure (Home Form) (SPM) Parham et al., 2007	Facteur (8) : participation sociale (SOC), vision (VIS), audition (HEA), toucher (TOU), conscience corporelle (BOD), équilibre et mouvement (BAL), plannification et idées (PLA), total système sensoriel (TOT)	5-12	4-points / 75	Intégration sensorielle (Ayres, 1972)	Hétéroquestionnaire	1051 enfants avec développement typique
Adult and adolescent sensory profile (AASP) Brown & Dunn, 2002	Sensoriel (6) : audition, visuel, toucher, mouvement, goût/odorat, niveau d'activité Quadrants (4) : faible enregistrement, recherche de sensation, sensibilité sensorielle, évitement	11 et plus	5-points / 60	Seuils neurologiques et réponses comportementales (Dunn, 1997)	Auto-questionnaire	950 adolescents et adultes avec développement typique 11-65
Sensory Over-Responsivity scale (Inventory) (SenSOr) Schoen et al., 2008	Sensoriel (7) : texture-tactile, activité-tactile du quotidien, audition, audition spécifique, visuel, olfactif, mouvement-proprioception, nourriture-textures	3-55	Binaire 0:1 / 143	Non spécifié[c]	Hétéroquestionnaire	125 participants dont : 65 présentant des symptômes d'hyperréactivité 70 développement typique 3-55

Sensory Processing scale Inventory (SP Scale Inventory) Schoen et al. 2017	Sensoriel (3) : hyperréactivité (SOR), hyporéactivité (SUR), besoin sensoriel (SC)		Binaire 0:1 et choix multiples / 137	Non spécifié[c]	Hétéroquestionnaire	407 enfants et adolescents dont : 267 présentant un trouble 140 développement typique 4-18
The Behavioral Observation on Sensory Stimuli Questionnaire for Parents (BOSS-P) Barrios-Fernández et al. 2020	Non spécifié[c]	4-19	5-points / 41	Intégration sensorielle (Ayres, 1972) Modèle de Miller (Miller et al., 2007)	Hétéroquestionnaire	458 enfants dont : 259 développement typique 145 autistes 45 autres diagnostics 4-19 144:308
Auditory Behavior Questionnaire (ABQ) Dunning, 2003	Non spécifié[c]	7-21	5-points / 60	Non spécifié[c]	Hétéroquestionnaire	Eghelhoff & Lane, 2013[b] 165 enfants dont : 74 autisme ou TSA[a] 55 syndrome d'Asperger 36 trouble envahissant du développement 7-21
Sense and Self-regulation checklist (SSC) Silva & Schalock, 2012	Sensoriel (6) : toucher-douleur, audition, visuel, goût-odorat, hyperréactivité ou stimuli non invasifs, hyporéactivité à des stimuli invasifs	2-6	4-points / 56	Domaine sensoriel et d'auto-régulation (Silva, Schalock & Ayres, 2011)	Hétéroquestionnaire	265 enfants dont : 99 TSA[a] 28 autre trouble du développement 138 développement typique 2-6 18:81
Sensory Behavior Questionnaire (SBQ) Green, 2009	Sensoriel (8) : audition, visuel, mouvement, tactile, oral, moteur, réaction générale, organisation	6-18	6-points / 50	Non spécifié[c]	Hétéroquestionnaire	Neil, Green & Pellicano, 2017[b] 136 enfants dont : 66 autistes 70 développement typique 6-18
Echelle des Particularités Sensori-Psychomotrices dans l'Autisme (EPSA) Le Menn-Tripi et al., 2019	Sensoriel (8) : sensorialité, motricité, représentation du corps, corps en relation sociale, utilisation des objets, espace, temps et régulation tonico-émotionnelle	2-12	5-points / 160	Non spécifié[c]	Hétéroquestionnaire	111 enfants dont : 70 autistes 5 syndrome d'Asperger 36 trouble envahissant du développement non-spécifié 2-12 18:93

a. TSA = Trouble du Spectre de l'Autisme
b. Référence à l'article de validation si différent des créateurs de l'outil
c. Pas d'information dans l'article original

Tableau 42

Évaluation de la validité de contenu des douze échelles selon les recommandations COSMIN

	Adéquation		Exhaustivité		Compréhension		Validité de contenu	
Échelles	**Notation[a]**	**Niveau de preuve[b]**	**Notation[a]**	**Niveau de preuve[b]**	**Notation[a]**	**Niveau de preuve[b]**	**Notation[a]**	**Niveau de preuve[b]**
SP	-	Très faible	±	Faible	+	Faible	-	Faible
SP-2	±	Faible	±	Modéré	+	Faible	±	Modéré
SSP	±	Très faible	±	Faible	+	Faible	±	Faible
SSP-2	±	Faible	±	Modéré	+	Faible	±	Modéré
SEQ	±	Modéré	+	Modéré	+	Élevé	±	Élevé
SEQ-3	±	Modéré	+	Modéré	+	Élevé	±	Élevé
ITSP	±	Faible	±	Modéré	+	Modéré	±	Modéré
SPM	+	Modéré	+	Modéré	+	Faible	+	Modéré
AASP	±	Faible	±	Modéré	+	Faible	±	Faible
SenSOr	+	Élevé	+	Élevé	+	Modéré	+	Élevé
SP Scale Inventory	+	Élevé	+	Élevé	+	Modéré	+	Élevé
BOSS-P	-	Très faible	-	Faible	+	Faible	-	Faible
ABQ	-	Modéré	±	Modéré	+	Modéré	-	Modéré
SSC	±	Faible	-	Faible	+	Modéré	-	Modéré
SBQ	-	Faible	±	Faible	+	Faible	±	Faible
EPSA	?	NA	±	Faible	+	Faible	±	NA

a. Notation = suffisant (+), insuffisant (-), indéterminé (?), inconsistant (±)

b. Niveau de preuve (cotation basée sur l'approche GRADE, https://www.gradeworkinggroup.org) = élevé, modéré, faible, très faible

Tableau 43

Synthèse des propriétés psychométriques des douze échelles selon les recommandations COSMIN

		Structure interne			
		Validité structurelle	Consistance interne		Validité interculturelle
Échelles	Référence étude	Qualité méthodologique[a]	Qualité méthodologique[a]	Résultat (α de Cronbach)	Qualité méthodologique[a]
SP	Dunn, 1994 (Dunn, 1994)	I	NA	NA	I
	Dunn & Westman 1997	I	NA	NA	I
	Dunn & Brown, 1997	I	NA	NA	I
	Ermer & Dunn, 1998	I	NA	NA	I
SP-2	Dunn, 2014	I	V	.60 - .90	I
SSP	McIntosh et al., 1999	I	V	.82 - .89	I
SSP-2	Dunn, 2014	I	V	.79 - .93	I
SEQ	Baranek, 2006	I	V	.80	I
SEQ-3	Ausderau et al., 2014	V	NA	NA	V
ITSP	Dunn & Daniels, 2002	A	V	.75	D
SPM (home form)	Parham et al., 2007	A	V	.85	I
AASP	Brown et al., 2001	D	V	.64 - .77	I
SenSOr	Schoen et al., 2008	A	V	.97	I
SP Scale Inventory	Schoen et al., 2017	A	V	.93	A
BOSS-P	Barrios-Fernandèz et al., 2020	V	D	.87	D
ABQ	Egelhoff & Lane, 2013	I	D	.94	D
SSC	Silva et Schalock, 2012	I	V	.87 - .89	I
SBQ	Neil et al., 2017	I	V	.97	I
EPSA	Le Menn-Tripi et al., 2019	I	V	.80 - .81	I

a. Échelle de notation des qualités méthodologiques selon l'approche COSMIN : (V) very good, (A) adequate, (D) doubtful, (I) inadequate ou (NA) non applicable

(suite)

	Propriétés de mesure					
	Fiabilité		Erreur de mesure	Validité de critère	Test d'hypothèse pour la validité de construction	
Échelles	Qualité méthodologique[a]	Résultat (CCI[b])	Qualité méthodologique[a]	Qualité méthodologique[a]	Validité convergente	Validité des groupes
SP	I	NA	NA	I	I	D
	I	NA	NA	I	I	D
	I	NA	NA	I	I	D
	I	NA	NA	NA	I	A
SP-2	D	.87 - .97	D	V	A	A
SSP	I	NA	NA	NA	I	D
SSP-2	D	.93 - .97	D	V	A	A
SEQ	D	.81	NA	NA	NA	NA
SEQ-3	NA	NA	NA	NA	NA	A
ITSP	D	.86	NA	I	I	D
SPM (home form)	D	.97	A	V	A	V
AASP	I	NA	NA	V	I	D
SenSOr	NA	NA	NA	NA	V	A
SP Scale Inventory	NA	NA	NA	NA	NA	A
BOSS-P	NA	NA	NA	V	V	A
ABQ	NA	NA	NA	V	I	A
SSC	D	NA	NA	NA	V	A
SBQ	NA	NA	NA	I	V	A
EPSA	NA	NA	NA	V	V	V

b. Coefficient de Corrélation Intraclasse

Tableau 44

Synthèse des critères d'application/utilisation des outils

Critères	SP	SP-2/SSP-2	SSP	SEQ	SEQ-3	ITSP	SPM (home form)	AASP	SenSOr	SP Scale Inventory	BOSS-P	ABQ	SSC	SBQ	EPSA
Temps de remplissage	30 minutes	10-20 minutes	Non indiqué	10 minutes	15-20 minutes	15 minutes	15-20 minutes	Non indiqué	Non indiqué	Non indiqué	25-30 minutes	Non indiqué	Non indiqué	Non indiqué	Non indiqué
Niveau d'habilité physique et mental du patient	Capacité de lecture et d'écriture ou de compréhension verbale														
Calcul du score	Score manuel	Score manuel et automatisé	Score manuel	Score manuel	Score manuel	Score manuel	Score manuel et automatisé	Score manuel	Score manuel	Score manuel	Score manuel	Score manuel	Score manuel	Score manuel	Score manuel et automatisé
Copyright	Pearson clinical assessment	Pearson clinical assessment	Pearson clinical assessment	APA Psych Tests	Non indiqué	Pearson clinical assessment	Western Psychological Services	Pearson clinical assessment	Non indiqué	Non indiqué	Non indiqué	Non indiqué	LMTSilva	Non indiqué	PU François Rabelais
Coût de l'instrument	50 questionnaires version longue : 108 euros	Matériel complet : 378 euros ; Matériel complet + formation : 567 euros	50 questionnaires version abrégée : 48 euros	Non payant	Non payant	Non disponible	95 euros (home form); 95 euros (main classroom)	Non disponible	Non payant	Non payant	Non payant	Non payant	Non payant	Non payant	200 euros (coffret)
Équipement requis	Papier-crayon	Papier-crayon ou en ligne avec Q-global	Papier-crayon	Papier-crayon	Papier-crayon	Papier-crayon	Papier-crayon ou en ligne	Papier-crayon	Papier-crayon	Papier-crayon	Papier-crayon	Papier-crayon	Papier-crayon	Papier-crayon	Papier-crayon
Accessibilité en français	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Oui[a]	Non	Oui[b]	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
Compétences requises pour l'administration	Diplôme d'état de psychologue, ergothérapeute, psychomotricien ou orthophoniste														

a. Nouvelle version incluse dans le SP-2

b. Questionnaire disponible en français et manuel disponible uniquement en anglais

Annexe 2 : Accord éthique étude groupe de discussion

Université Paris Nanterre

UFR SPSE

Comité d'éthique de l'UFR SPSE (Sciences Psychologiques et Sciences de l'Education) **Ethics committee of the UFR SPSE** (Psychological and Educational Sciences)	200, avenue de la république 92001 Cedex Nanterre Contact : cer_spse@liste.parisnanterre.fr

N° d'avis : 2021-03-03

Nanterre, le 23 mars 2021

**Les critères utilisés pour l'évaluation sont formalisées en français dans le « guide d'évaluation éthique d'un projet de recherche » disponible sur demande auprès du comité d'éthique de l'UFR SPSE.*

Le comité d'éthique de l'UFR SPSE de l'Université Paris Nanterre, après étude du projet de recherche, présenté par Madame Sandra Brouche, sous le titre « **Groupe de discussion sur le traitement de l'information sensorielle dans le trouble du spectre de l'autisme "** reconnaît que ce projet répond aux exigences du comité d'éthique* concernant la recherche en psychologie et en sciences de l'éducation.
Le comité d'éthique de l'UFR SPSE émet donc un avis favorable à la réalisation de ce projet.

Pour le comité d'éthique de l'UFR SPSE, ses coordonnateurs,

** The criteria used for the present evaluation are formalized in French in the "Guide of ethical evaluation of a research project" available on request from the Ethics Committee of the UFR SPSE*

The Ethics Committee of the UFR SPSE (Psychological Science and Education Science Formation and Research Unit) of University Paris Nanterre, upon reviewing the research project "**Groupe de discussion sur le traitement de l'information sensorielle dans le trouble du spectre de l'autisme "** presented to them by Madame Sandra Brouche, recognizes that this project meets the requirements of the Ethics Committee* concerning research in psychology and education sciences.
As a consequence, the UFR SPSE Ethics Committee issues a positive opinion on your research project.

On behalf of the UFR SPSE Ethics Committee, the Coordinator

Régine Scelles

Gilles Séraphin

Attention, cet avis ne saurait se substituer à l'autorisation d'un Comité de Protection des Personnes (CPP) pour les recherches qui en relèvent, et ne dispense pas les promoteurs d'effectuer les démarches nécessaires concernant la protection de données (contact : dpo@liste.parisnanterre.fr)

Annexe 3 : Fiche de consentement et notice d'information étude qualitative

Formulaire de consentement patient

Version N°3 du 15.03.2021
Numéro d'avis Comité Éthique UFR SPSE 2021-03-03

Je soussigné(e), Mme, M (rayer les mentions inutiles) *(nom, prénom)* ……
Accepte librement de participer à la recherche intitulée « Traitement de l'information sensorielle dans le trouble du spectre de l'autisme : Étude parent groupe de discussion » organisée par Sandra BROUCHE (autismsensoryconstellation@gmail.com), investigateur dans cette recherche et doctorante à l'université Paris Nanterre, laboratoire CLIPSYD. Cette recherche est encadrée par Mme Natalie RIGAL, enseignante chercheuse à l'université Paris Nanterre EA4430, et Mme Fabienne Cazalis, chargé de recherche au CNRS-EHESS CAMS-UMR8577.
L'objectif de cette étude est de constitué des groupes de discussion parents afin de mieux comprendre le fonctionnement sensoriel rencontré dans le TSA. Il permettra aux parents, et aux chercheurs de partager leurs observations et expériences de l'impact du traitement sensoriel chez des enfants et adolescents avec un TSA. Les participants sont libres de participer à chaque groupe. Des sessions par thème seront proposées à l'avance, et un nombre maximal de 6 participants sera autorisé par groupe. Les groupes seront enregistrés par audio.

- Je note avoir pris connaissance de la note d'information m'expliquant l'objectif de cette recherche et l'implication de ma participation ;
- Je conserverai un exemplaire de la note d'information et du consentement ;
- J'ai reçu des réponses adaptées à toutes mes questions ;
- J'ai disposé du temps suffisant pour prendre ma décision ;
- J'ai compris que ma participation est libre et que je pourrai interrompre ma participation à tout moment de l'étude ;
- J'ai été informé que les données recueillies dans le cadre de cette étude sont entièrement anonymisées et utilisées uniquement dans le cadre de cette recherche ;
- Pour en savoir plus sur le traitement de mes données, je peux contacter le data protection officer de la recherche (dpo@liste.parisnanterre.fr) et la commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL)

Signature de la personne participant à la recherche	Signature de l'investigateur
Nom / Prénom :	Nom/Prénom : Sandra Brouche
Date :	Date : 06.04.2021
Signature :	Signature : Brouche

Ce document est à réaliser en deux exemplaires, un exemplaire doit être conservé pendant (4 ans) par l'investigateur, le deuxième remis à la personne donnant son consentement.

AUTORISATION
POUR L'ENREGISTREMENT AUDIO
ET L'EXPLOITATION DES DONNEES ENREGISTREES

Présentation de l'étude : Groupe de discussion sur le traitement de l'information sensoriel dans le trouble du spectre de l'autisme

Cette étude est organisée par Sandra Brouche (autismsensoryconstellation@gmail.com), investigateur dans cette recherche et doctorante à l'université Paris Nanterre, laboratoire CLIPSYD. Cette recherche est encadrée par Mme Natalie Rigal, enseignante chercheuse à l'université Paris Nanterre EA4430, et Mme Fabienne Cazalis, chargé de recherche au CNRS-EHESS CAMS- UMR8577.

L'objectif de cette étude est de constitué des groupes de discussion parents/proches afin de mieux comprendre le fonctionnement sensoriel rencontré dans le TSA. Il permettra aux parents/proches, et aux chercheurs de partager leurs observations et expériences de l'impact du traitement sensoriel chez des enfants et adolescents avec un TSA. Les participants sont libres de participer à chaque groupe. Des sessions par thème seront proposées à l'avance, et un nombre maximal de 6 participants sera autorisé par groupe. Les groupes seront enregistrés par audio.

Cette recherche n'est possible que grâce au consentement des personnes qui acceptent d'être enregistrées. Nous vous demandons par conséquent votre autorisation à procéder aux enregistrements.

Autorisation

Je soussigné(e), _____

– autorise par la présente Sandra Brouche, doctorante, à enregistrer en audio mon intervention dans le groupe de discussion sur le traitement sensorielle dans le TSA.

– autorise l'utilisation de ces données, sous leur forme enregistrée aussi bien que sous leur forme transcrite et anonymisée (cf. infra) :

a) à des fins de recherche scientifique (thèses, articles scientifiques, exposés à des congrès, séminaires) ;

b) pour une diffusion large dans la communauté des chercheurs, sous la forme d'éventuels échanges et prêts de corpus à des chercheurs, moyennant la signature d'une convention de recherche ;

– prends acte que pour toutes ces utilisations scientifiques les données ainsi enregistrées seront *anonymisées* : ceci signifie que les transcriptions de ces données utiliseront des pseudonymes et remplaceront toute information pouvant porter à l'identification des participants.

– souhaite que la contrainte supplémentaire suivante soit respectée :……

Lieu et date : _____

Signature : _____

Au regard de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, modifiée par la loi n° 2018-493 du 20 juin 2018 relative à la protection des données personnelles, et en application du Règlement Général sur la Protection des Données du 25 mai 2018, le participant pourra exercer son droit d'accès auprès du chercheur qui le suit dans le cadre de cette recherche et qui connaît son identité.
Le participant dispose, en vertu des lois régissant la protection des données, d'un droit d'accès, de rectification et d'opposition auprès de ce même Promoteur de la Recherche, à l'adresse suivante :

Pour toutes les questions relatives à la protection des données, le patient peut contacter la déléguée à la protection des données par voie électronique à dpo@parisnanterre.fr

Fiche participant groupe de discussion

2021

Etude sur le sensoriel et le trouble du spectre de l'autisme



Rappel
Le groupe est constitué de 5-6 personnes max
Toute participation doit avoir été validé par la signature d'un consentement écrit
Enregistrement par audio
Les participants doivent envoyés par mail 2 jours maximum avant la rencontre leurs expériences et questionnements (qui seront abordés lors de la partie boîte à questions)

Préambule

Le groupe a une durée d'1H30
Il se déroule intégralement par visio
L'horaire vous a été confirmé par mail au minimum 1 semaine avant le groupe

Si vous rencontrez des difficultés de connexion veuillez contacter par mail : autismsensoryconstellation@gmail.com OU directement par téléphone sur le numéro qui vous a été communiqué dans le mail de confirmation



Objectif du groupe

L'objectif de ces groupes de discussion parents.proches est de mieux comprendre le fonctionnement sensoriel de vos enfants. Aujourd'hui, nous allons vous inviter à partager et échanger votre expérience/point de vue autour du sensoriel dans l'autisme.

Aspect technique

Nous vous enverrons dans le mail de confirmation un lien pour se connecter vers la plateforme Microsoft Teams. Vous serez connecté en tant qu'invité à cette plateforme. Lors du groupe, il vous sera demandé d'allumer votre caméra ainsi que votre micro. La prise de parole sera libre afin d'encourager des échanges (presque) comme en présentiel. Il vous ait demandé de vous connecter à l'heure qui est indiquée dans le mail.

Règle du groupe

En participant à ce groupe vous vous engagez à respecter ces 4 règles qui sont :

L'écoute **Le non-jugement** **Le respect** **La confidentialité**

Ces 4 principes sont des piliers qui nous permettront d'échanger dans un cadre bienveillant et serein.

Déroulement du groupe

Partie 1 – Introduction

Accueil des participants / Présentation des animateurs
Présentation (rappel) de l'objectif du groupe ce jour
Présentation individuel de chaque participant
Rappel des règles de bon fonctionnement du groupe

Partie 2 – Cibler le sensoriel /expérience

Dans cette partie du groupe, vous serez amené par les animateurs à échanger autour de la question du sensoriel dans l'autisme à partir de votre propre expérience

Partie 3 – Boîte à question

Nous proposerons des situations issues de votre expérience et chercherons à comprendre les stratégies que vous avez mises en place ainsi que vos réflexions

Partie 4 – Conclusion

Un retour/synthèse des animateurs sera proposé sur l'ensemble des éléments rapportés lors du groupe de discussion. Nous vous recueillerons aussi votre expérience dans le groupe et vos suggestions

Annexe 4 : Manuel intervenant groupe de discussion

Liste des investigatrices (par ordre alphabétique) :

- Sandra Brouche (doctorante et psychologue du développement)
- Fabienne Cazalis (chargée de recherche en sciences cognitive)
- Avgustina Martirosyan (psychologie clinicienne spécialisée dans l'autisme)
- Natalie Rigal (professeure des universités et psychologue du développement)
- Emita Varenne (étudiante en orthophonie)

MANUEL INTERVENANT GROUPE DE DISCUSSION

RECHERCHE TSA ET SENSORIEL

2021



Manuel intervenant groupe de discussion

2021

Rappel : le groupe est constitué de 5-6 personnes max.
Il se déroule par visio (1h30)
Enregistrement par audio
Les participants ont envoyés par mail leurs expériences et questionnements (rassemblés dans la boîte à questions)



Préambule

Rôle de chaque animateur :

Co-animateur 1 = introduit les questions et thème de discussion, ramène le débat vers le sujet principal, assure la dynamique du groupe, reformule si besoin des idées, demande s'il y a d'autres points de vue, distribue la parole
Co-animateur 2 = relance les discussions, observe la dynamique de groupe et propose des ajustements si besoin, gère le temps et l'aspect technique (enregistrement), prise de note pour le feedback de fin, résume les discussion à la fin de chaque partie pour la validation

Partie 1 – Introduction (10-15 minutes)

Accueil des participants / Présentation des animateurs (Co-animateur 1 et 2)
Présentation du prénom, de son métier, et de son rôle dans la recherche, et +

Présentation (rappel) de l'objectif du groupe ce jour (Co-animateur 1)
« La sensorialité est indispensable pour nous faire découvrir le monde extérieur. Elle recouvre l'ensemble des mécanismes qui permettent à un individu de ressentir et percevoir. Depuis quelques années la recherche s'intéresse de plus en plus au traitement sensoriel dans le TSA. L'objectif de ces groupes de discussion parents.proches est de mieux comprendre le fonctionnement sensoriel de vos enfants. Aujourd'hui, nous allons vous inviter à partager et échanger votre expérience/point de vue autour du sensoriel dans l'autisme. »

Présentation individuel de chaque participant (Co-animateur 1)
Le co-animateur 1 distribue la parole à chacun des participants. On leur propose de dire leur prénom et leur attente vis-à-vis du groupe. On précise qu'il ne faut pas trop déborder. Le co-animateur 1 ou 2 peut intervenir si l'un des participants s'étend en informations.

Rappel des règles de bon fonctionnement du groupe (Co-animateur 2) (voir brochure)

Compléments

Pour le rappel du cadre du groupe, se référer à la brochure (cf. les 4 attitudes indispensables) ;

Si les participants rencontrent des difficultés de connexion, le co-animateur 2 dispose de son numéro de téléphone pour le contacter et l'accompagner dans la connexion si besoin ;

Avant de passer à la partie groupe, laisser un temps s'il y a des questions de la part des participants pour y répondre ; faire attention au temps de présentation individuel (pas 20 min pour une seule personne) ;

Ps: s'assurer de l'assignation du rôle de co-animateur 1 ou 2 est indispensable en amont de chaque groupe !

Manuel intervenant groupe de discussion

2021



Partie 2 (Partie questions) (20-30 minutes)

Co-animateur 1 : « Pour commencer, nous aimerions avoir votre avis sur plusieurs questions »

Première question adressé à tous les participants :

« Lorsqu'on vous parle de sens, à quoi cela vous fait-il penser spontanément ? »

Deuxième question :

« Est-ce que vous pensez que les sens chez votre enfants.ados fonctionnent différemment de ceux des autres enfants ? » (Questions un peu évidente, la mentionner seulement et passer directement à l'autre)
« Si oui, à quel moment ou à partir de quoi vous vous en êtes rendu compte ? »

Troisième question :

« En quoi voyez-vous qu'ils fonctionnent différemment ? »

Quatrième question :

« Quelles sont les sens qui vous interpellent le plus chez votre enfant ? »
« Quels comportements manifeste-t-il? »

Cinquième question :
« Quelles sont les conséquences sur votre quotidien et le sien ? »

Compléments

Le co-animateur 1 énonce les questions et fait circuler la parole ;

Pendant le temps où les participants répondent à ces questions, le co-animateur 2 note sur un grand tableau (qui lui sera fournit) l'élément déclencheur pour le parent et les comportements en liens. Cette prise de note doit être concise, reprendre les principales idées qui nous permettront de faire le feedback ;

Les participants sont invités à rebondir sur les expériences points de vue rapportés par les autres

2

Manuel intervenant groupe de discussion

2021



Partie 3 (boîte à questions – à partir de leurs réponses mail pré-groupe) (30 minutes)

Utilisation de wooclap (co-animateur 2)

1. Quels sens selon vous ?

2. Quels comportements ?

Reprendre la boîte à question – apporter 5 à 6 situations et demander pour lancer les échanges (co-animateur 1) :

« Avez-vous déjà rencontrer cette situation avec votre enfant ? »

« Quelles stratégies avez-vous utilisées ? »

« Vos réflexions – comment expliquez-vous ce comportement/cette réaction ? »

Partie 4 – Temps de synthèse (10 minutes)

Terminaison du groupe
Feedback sur l'ensemble des thèmes abordés. Retour du co-animateur 2 sur tous ce qui a été dit (prise de note)

Prendre l'avis des participants sur le déroulement du groupe (co-animateur 1) et prise de note du co-animateur 2 pour ajuster le protocoles des prochains groupes si besoin

Remerciement des participants (les 2 animateurs)

Compléments

Le co-animateur 1 explique la partie 3 et comment se rendre sur wooclap. Le co-animateur 2 met le lien sur le tchat et fait un partage de son écran pour avoir les résultats ;

Les deux co-animateurs font un feedback des réponses qui apparaissent ;

Reprise de la boîte à questions et énoncer des situations par le co-animateur 1 ; Faire circuler la parole ;

Le co-animateur 2 fait une prise de note libre sur cette partie.

3

Annexe 5 : Avis favorable du Comité de Protection des Personnes

Avis du Comité de protection des personnes Comité de protection des personnes Sud Ouest et Outre Mer II sur Demande Initiale

Informations CPP

Nom du CPP : Comité de protection des personnes Sud Ouest et Outre Mer II
Adresse : ARS Occitanie - 10 chemin du raisin 31050 TOULOUSE CEDEX 9 France
Courriel : cppsoom2@ars.sante.fr
Numéro de téléphone : 0534302756

Informations promoteur

Organisme : Université Paris Nanterre
Nom et prénom : Brouche Sandra

Investigateur

Investigateur : Sandra Brouche

Informations dossier

Numéro SI : 22.02040.000106

Numéro national : 2022-022000-97

Règlementation : Loi Jardé

Qualification : Catégorie 2

Produit ou acte : Hors produits de santé (produits non mentionnés à l'article L.5311-11 du code de la santé publique)

Titre : Étude sur l'Intégration et le Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme

Ce dossier a initialement été étudié en séance le 07/07/2022.

Personnes ayant délibéré

Collège	Catégorie	Nom et prénom
Collège 1	Personne qualifiée en matière de recherche biomédicale	M. Ronald BARBARAS
Collège 1	Personne qualifiée en matière de recherche biomédicale	M. Abdel-Kader BOULANOUAR
Collège 1	Personne qualifiée en matière de recherche biomédicale	M. Edmundo PEREIRA DE SOUZA NETO
Collège 1	Personne qualifiée en matière de recherche biomédicale	Mme Françoise AURIOL
Collège 1	Personne qualifiée en matière de recherche biomédicale	Mme Françoise MAUPAS-SCHWALM
Collège 1	Médecin généraliste	M. Vladimir DRUEL
Collège 1	Pharmacien hospitalier	Mme Aline JAMMES
Collège 1	Pharmacien hospitalier	Mme Elodie CIVADE
Collège 1	Auxiliaire médical	Mme Chantal LAURENS
Collège 2	Personne compétente en matière d'éthique	Mme Véronique BOISSELIER
Collège 2	Personne compétente en matière d'éthique	Mme Bettina COUDERC
Collège 2	Personne compétence en sciences humaines et sociales	Mme Stéphanie IANNUZZI
Collège 2	Personne compétence en sciences humaines et sociales	Mme Hélène DELABAERE
Collège 2	Personne compétente en matière juridique	Mme Marie-Emmanuelle KOPP-LASSERRE
Collège 2	Personne compétente en matière juridique	Mme Delphine REYNAUD
Collège 2	Personne compétente en matière juridique	Mme Christine SAMALENS
Collège 2	Personne compétente en matière juridique	Mme Noémie DUBRUEL
Collège 2	Représentante des associations de malades et usagers de la santé	Mme Marianne LESCOUZERES

L'essai a été examiné par un expert pédiatre.

Documents analysés par le CPP

Catégorisation	Intitulé	Date de dépôt
ADD - Doc additionnel	*2022-A00097-36_ADDITIONNEL_20220617_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
ASS - Assurance	*2022-A00097-36_ASSURANCE_20220617_InTEnSeA.pdf*	17/06/2022
COU - Courrier	*2022-A00097-36_COURRIER_v2_20220617_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
CVI - CV investigateurs	*2022-A00097-36_LISTE_CV_20220617_InTEnSeA.pdf*	17/06/2022
DEM - Demande autorisation	*2022-A00097-36_DEMANDE_20220617_InTEnSeA.pdf*	17/06/2022
DON - Données : preuve de conformité du traitement des données	*2022-A00097-36_DONNEES_20220617_InTEnSeA.pdf*	17/06/2022

INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_autorites_parentales_TSA_v2_20220617_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_autorites_parentales_controle_v2_20220617_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_6_10ans_TSA_v2_20220617_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_11_17ans_TSA_v2_20220617_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_6_10ans_controle_v2_20220617_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_11_17ans_controle_v2_20220617_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_6_10ans_controle_v3_modif_apparentes_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_6_10ans_controle_v3_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_11_17ans_controle_v3_modif_apparentes_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_11_17ans_controle_v3_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_6_10ans_TSA_v3_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_6_10ans_TSA_v3_modif_apparentes_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_11_17ans_TSA_v3_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_11_17ans_TSA_v3_modif_apparentes_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_autorites_parentales_controle_v3_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_autorites_parentales_controle_v3_modif_apparentes_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_autorites_parentales_TSA_v3_modif_apparentes_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
INF - Doc Information	*2022-A00097-36_NIFC_autorites_parentales_TSA_v3_20220721_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
JUS - Justification lieux de recherche	*2022-A00097-36_EQUIPEMENT_v1_20220621_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
PRO - Protocole	*2022-A00097-36_PROTOCOLE_20220617_InTEnSeA.pdf*	21/06/2022
PRO - Protocole	*2022-A00097-36_PROTOCOLE_v2_modif_apparentes_20220722_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
PRO - Protocole	*2022-A00097-36_PROTOCOLE_v2_20220722_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
PUB - Publicité/affiches	*2022-A00097-36_RECRUTEMENT_20220617_InTEnSeA.docx*	20/06/2022
REP - Courrier de réponse	*2022-A00097-36_RESUME_20220617_InTEnSeA.pdf*	20/06/2022

REP - Courrier de réponse	*2022-A00097-36_COURRIER_20220722_InTEnSeA.pdf*	22/07/2022
REP - Courrier de réponse	*2022-A00097-36_COURRIER_20220805_InTEnSeA.pdf*	05/08/2022
RES - Résumé	*2022-A00097-36_RESUME_20220617_InTEnSeA.pdf*	18/06/2022

Le comité fait de votre dossier l'analyse suivante :

La justification de l'étude est pertinente ; le rapport des bénéfices et des risques est acceptable.

Les objectifs de votre recherche sont bien définis et bien argumentés.

Les moyens mis en œuvre pour atteindre ces objectifs sont décrits avec suffisamment de précision et semblent bien adaptés à la solution du problème abordé.

La méthodologie est clairement décrite et adaptée aux objectifs.

La notice d'information et le formulaire de consentement sont clairement rédigés et contiennent toutes les mentions nécessaires.

Les données qui seront obtenues via les dispositifs qui seront utilisés dans le cadre de cette étude n'auront aucune valeur diagnostique, permettant notamment d'influer sur la prise en charge thérapeutique. Seuls les dispositifs médicaux validés par des organismes notifiés ont ce pouvoir selon le règlement européen 2017/745 qui définit un dispositif médical comme étant « tout instrument, appareil, équipement, logiciel, implant, réactif, matière ou autre article, destiné par le fabricant a être utilisé, seul ou en association chez l'homme pour l'une ou plusieurs des fins médicales suivantes :
- diagnostic, prévention, contrôle, prédiction, pronostic, traitement ou atténuation d'une maladie ;
- diagnostic, contrôle, traitement, atténuation d'une blessure ou d'un handicap ou compensation de celui-ci ;
- investigation, remplacement ou modification d'une structure ou fonction anatomique ou d'un processus ou état physiologique ou pathologique ;
- communication d'information au moyen d'un examen in vitro d'échantillons provenant du corps humain, y compris les dons d'organes, de sang et de tissus ;
et dont l'action principale voulue dans ou sur le corps humain n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques ni par métabolisme, mais dont la fonction peut être assistée par de tels moyens. »

Dans cette étude, l'objectif de prise en charge est d'adapter l'environnement des enfants autistes considérés comme hypersensibles, pour améliorer leur confort. Les conséquences d'une prise en charge erronée suite un diagnostic faussé dû à un outil non fiable semblent être minimes.

Au vu des réponses obtenues, l'avis suivant a donc été émis le 09/08/2022.

C'est la date de la notification de l'avis sur le SI qui fait foi.

Avis favorable

Cet avis est valable deux ans. Si vous n'avez pas été en mesure d'inclure des participants dans ce délai, vous pouvez demander au CPP une prorogation de cet avis avant la fin de validité de ce dernier (voir en ce sens l'article R.1123-26 du code de la santé publique).

La présidente
Pr Bettina COUDERC



Annexe 6 : Convention de collaboration

Université Paris Nanterre

CONVENTION D'ACCUEIL

ENTRE
Centre Hospitalier Intercommunal de Créteil
Etablissement public de Santé
SIRET : 26940115400019
Ayant son siège social : 40 Avenue de Verdun 94000 Créteil
Ici représenté par : Professeur Jean-Marc Baleyte
En sa qualité de : Chef de service
Service universitaire de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent

Ci-après dénommé **CHIC**

d'une part,

ET :

L'Université Paris Nanterre
Etablissement Public à Caractère Scientifique Culturel et Professionnel
Membre de la COMUE UPL
Ayant son siège social : 200 Avenue de la République 92001 Nanterre Cedex
Ici représenté par : Monsieur Philippe Gervais-Lambony
En sa qualité de : Président
Unité de recherche Clinique Psychanalyse Développement (Clipsyd) dirigée par la Professeure Régine Scelles

Ci-après dénommée **UPN**

d'autre part.

Le CHIC et l'UPN sont ci-après désignés individuellement par la Partie et conjointement par les Parties.

IL A ETE CONVENU CE QUI SUIT :

ARTICLE 1– OBJET

La présente convention prévoit les modalités d'accueil de Sandra Brouche dans le service universitaire de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent. Pour la réalisation du projet de recherche « Intégration et Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme (InTEnSeA) » (ci-après l'Etude) sous la direction des responsables scientifiques Madame Natalie Rigal, enseignante chercheuse à l'université Paris Nanterre, et Madame Fabienne Cazalis, chargée de recherche au CNRS-EHESS.

ARTICLE 2 - DURÉE

La présente convention entre en vigueur à la date de sa dernière signature pour une durée de deux ans.
Il est convenu entre les parties que Sandra Brouche pourra accéder au Service universitaire de psychatrie de l'enfant et de l'adolescent du CHIC.

ARTICLE 3 - MODALITÉ D'ACCUEIL

Sandra Brouche demeurera rattachée à l'Université en sa qualité de Doctorante contractuelle.

Madame Sandra Brouche pourra accéder aux locaux du Service universitaire de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent du CHIC et pourra avoir accès à des données, être en contact avec les patients et utiliser le matériel bureautique. Durant ses jours de présence au CHIC, Sandra Brouche sera placée auprès des responsables Docteur Anne Tugault (Hôpital de Jour) et Docteur Camille Hours (Unité diagnostique), pendant toute la durée de la convention d'accueil.

Elle pourra accéder au Service universitaire de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent de l'Hôpital selon les horaires en vigueur au sein de ce service. Son temps de présence sera de 2 jours par semaine (le mercredi et vendredi) et autant de fois que nécessaire avec l'accord du Pr Baleyte ou par délégation auprès du médecin responsable de l'unité fonctionnelle.

Madame Sandra Brouche sera tenue de se conformer aux instructions qui lui seront données, au règlement intérieur du CHIC et notamment aux règles d'hygiène et de sécurité - qui seront portées à sa connaissance – ainsi que les conditions d'accès à celui-ci.

Elle pourra bénéficier de certains services communs offerts aux personnels de l'Hôpital, et aura notamment la possibilité de prendre ses repas au restaurant du personnel, sur la base du tarif applicable pour tout personnel ne pouvant pas prétendre à la subvention Fonction Publique (tarif non subventionné).

ARTICLE 4 – PROPRIÉTÉ DES RÉSULTATS

Chaque partie à la présente convention demeurera propriétaire des connaissances scientifiques et techniques, du savoir faire, des droits et des titres de propriété industrielle en sa possession à la date d'effet de la présente convention.

Les droits de propriété portant sur les travaux et résultats effectués par Madame Sandra Brouche dans les locaux de l'université ou du CHIC pendant la durée de son accueil appartiendront à l'Université qui pourra les exploiter et les utiliser librement.

Le CHIC pourra utiliser les résultats pour ses besoins propres de recherche.

ARTICLE 5 : CONFIDENTIALITE

Chaque Partie s'engage à ne pas publier ni divulguer, de quelque façon que ce soit, les informations scientifiques, techniques ou commerciales autres que celles issues de l'Etude, et notamment les connaissances antérieures, appartenant à l'autre Partie, dont elle pourrait avoir connaissance à l'occasion de l'exécution de la présente Convention et ce tant que ces informations ne seront pas du domaine public.

ARTICLE 6 : PUBLICATIONS

Toute publication ou communication d'informations, de résultats ou du savoir-faire issus de l'Etude, par l'une ou l'autre des Parties, doit recevoir, pendant la durée de la présente Convention et les 6 mois qui suivent son expiration, l'accord écrit de l'autre Partie qui fera connaître sa décision dans un délai maximum de un mois à compter de la demande. Passé ce délai et faute de réponse, l'accord sera réputé acquis.

En conséquence, tout projet de publication ou communication sera soumis à l'avis de l'autre Partie qui pourra modifier ou supprimer certaines précisions dont la divulgation serait de nature à porter préjudice à l'exploitation industrielle et commerciale dans de bonnes conditions des résultats de l'Etude. De telles suppressions ou modifications ne devront pas porter atteinte à la valeur scientifique de la publication.

Les publications ou communications doivent mentionner la participation de chaque partie à l'Etude.

Les stipulations du présent article ne pourront faire obstacle à la publication de thèses ou mémoires par la doctorante ayant participé à l'Étude.

Toute publication relative à l'Étude devra être signée avec en premier nom la rédactrice des publications (Madame Sandra Brouche), et respectivement en deuxième et dernier nom les encadrantes de la thèse (Mesdames Natalie Rigal et Fabienne Cazalis).

Le nom du chef de service (Pr Jean-Marc Baleyte) sera associé à toute publication réalisée pendant la durée de la thèse et liée aux données relevées dans le service.

Selon leur implication dans le travail de recherche, les membres du CHIC qui ont effectivement participé à la mise en oeuvre de l'étude et à la rédaction de l'article seront cités en tant qu'auteurs.

ARTICLE 7. ANONYMAT DES DONNÉES PERSONNELLES

Les données communiquées par le CHIC à Madame Sandra Brouche dans le cadre de l'Etude ne pourront être utilisées qu'anonymement et d'une manière compilée dans le rapport d'étude, la soutenance de l'étude et les communications et/ou publications consécutives à cette étude. Il ne

sera en aucun cas possible d'identifier individuellement les projets ou les personnes sur lesquelles portent les données fournies.

Si des données à caractère personnel (données qui permettent d'identifier une personne directement ou indirectement) venaient à être transmises par le CHIC, alors elles devront faire l'objet d'une être restitution à l'Hôpital et toutes leurs copies devront être détruites, en cas de résiliation de la présente convention et/ou au plus tard deux ans après la fin de la thèse.

Les règles d'anonymat et de confidentialité des données de la présente convention s'appliquent également aux communications et publications de nature scientifique sans condition de délai.

ARTICLE 8 - RÉSILIATION

La présente convention pourra être résiliée par l'une ou l'autre des parties en cas de non exécution par l'autre d'une ou plusieurs des obligations contenues dans ses diverses clauses. Cette résiliation ne deviendra effective que deux (2) mois après la réception d'une lettre recommandée avec accusé de réception par la partie défaillante, exposant les motifs de la partie plaignante, à moins que dans ce délai, la partie défaillante n'ait satisfait à ses obligations ou n'ait apporté la preuve d'un empêchement consécutif à un cas de force majeure. L'exercice de cette faculté de résiliation ne dispense pas la partie défaillante de remplir les obligations contractées jusqu'à la date de prise d'effet de la résiliation.

ARTICLE 9 -LITIGE

En cas de difficulté sur l'interprétation ou l'exécution de la présente convention, les parties s'engagent à s'efforcer de résoudre leur différend à l'amiable.

En cas de désaccord persistant, le litige sera porté devant les tribunaux administratifs compétents.

Centre Hospitalier Intercommunal de Créteil	Université Paris Nanterre
Monsieur/ Madame.....	Monsieur Philippe Gervais Lambony
Directeur..... Pour la Directrice Le Directeur Adjoint chargé des Ressources Humaines Aurélien STIVAL	Président
Fait à Créteil le 18.02.2022	Fait à Nanterre, le 22/03/2022

Annexe 7 : Formulaire de consentement étude InTEnSeA

Formulaire de consentement à destination des titulaires de l'autorité parentale

Étude sur l'Intégration et le Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme

Nous soussignons, *(noms, prénoms)* Parent 1 ……

Parent 2 ……

titulaires de l'autorité parentale de (***nom, prénom***) …….. déclarons s'être **assurés que notre enfant** est d'accord pour participer à la recherche intitulée InTEnSeA **« Intégration et Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme » organisée par Sandra BROUCHE (sbrouche@parisnanterre.fr), investigatrice dans cette recherche et doctorante. Cette recherche est encadrée par Pr.** Natalie RIGAL, enseignante chercheuse à l'université Paris N**anterre UR4430, et Dr. Fabienne CAZALIS, chargée de recherche au CNRS-EHESS CAMS-UMR8577.**

- Nous notons avoir pris connaissance de la note d'information nous expliquant l'objectif de cette recherche et l'implication de la participation de notre enfant ;
- Nous conserverons un exemplaire de la note d'information et du consentement ;
- **Nous avons reçu des réponses adaptées à toutes nos questions ;**
- **Nous avons disposé du temps de réflexion qui nous était nécessaire pour prendre notre décision ;**
- **Nous avons compris que la participation est libre et que nous pourrons interrompre la** participation de notre enfant à tout moment de l'étude ;
- **Nous avons été informés que les données recueillies dans le cadre de cette étude sont entièrement anonymisées et utilisées uniquement dans le cadre de cette recherche ;**
- **Pour en savoir plus sur le traitement des données de notre enfant, nous pouvons contacter le data protection officer de la recherche (dpo@liste.parisnanterre.fr) et la commission nationale de** l'informatique et des libertés (CNIL).

☐ Nous avons lu et compris les renseignements fournis dans la fiche d'informations et **nous acceptons de plein gré la participation de notre enfant à cette recherche**

☐ Nous acceptons que nos réponses aux questions posées soient exploitées par l'équipe **du projet**

☐ **Nous acceptons que les données personnelles de notre enfant soient réutilisées dans le cadre de projets de recherche ayant les mêmes objectifs que celui du présent projet**

☐ L'accord de l'enfant n'a pas été recherché en raison de……

Signatures des titulaires de l'autorité parentale

Parent 1	**Parent 2**
Nom / Prénom:	Nom / Prénom:
Date:	Date:
Signature:	Signature:

Dans le cas où l'autorité parentale **est exercée par une seule personne, une mention doit** être apposée sous la signature certifiant qu'il est bien le seul titulaire de l'autorité parentale.

Signature du participant :

Nom / Prénom:

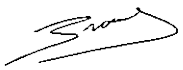
Date:

Signature:

Signature de l'investigateur

Nom/Prénom: **Sandra BROUCHE**

Date:

Signature: 

Ce document est à réaliser en deux exemplaires, un exemplaire doit être conservé pendant par l'investigateur, le deuxième **remis** aux titulaires de l'autorité parentale **donnant le consentement.**

Annexe 8 : Notice d'information titulaires de l'autorité parentale

8.A. Notice d'information titulaires de l'autorité parentale

Notice d'information

Étude sur l'Intégration et le Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme
Promoteur Université Paris Nanterre

**Les mots surmontés d'un astérisque sont inclus dans le glossaire*

Madame, Monsieur,

Nous proposons à votre enfant de participer à une recherche impliquant la personne humaine* qui a pour objectif d'évaluer le traitement de l'information sensorielle dans le trouble du spectre de l'autisme (TSA).

Vous êtes libre de laisser votre enfant y participer ou non. Vous pouvez prendre le temps nécessaire pour lire les informations ci-dessous et poser d'éventuelles questions à l'investigateur* principal de la recherche. Après avoir obtenu les réponses satisfaisantes à vos questions et disposé d'un délai suffisant de réflexion, vous pourrez alors décider si vous acceptez de laisser votre enfant participer à la recherche ou non.

Cette notice a pour but de vous informer de l'objectif de l'étude, de son déroulement et de vos droits lors de la participation.

A. INFORMATION SUR LA RECHERCHE

Le trouble du spectre de l'autisme (TSA) est un trouble neurodéveloppemental. À ce jour, il se caractérise par la présence de fragilités dans les interactions sociales et la communication, ainsi que par la présence d'intérêts spécifiques et/ou de comportements répétitifs. Un nouveau critère est actuellement proposé : celui des spécificités du fonctionnement sensoriel (vision, olfaction, audition, toucher, goût). Cependant, ce critère est peu étudié, alors qu'il peut rendre la vie des enfants avec TSA difficile.

Les études sur l'évaluation de la sensorialité dans le TSA montrent des profils sensoriels très variables. L'amélioration du repérage de la sensorialité dans l'autisme nécessite une caractérisation commune de ce domaine grâce à l'appui d'une théorie de référence.

L'objectif de cette étude est de tester l'impact d'une stimulation sensorielle sur l'attention, la mémoire et la régulation émotionnelle chez un groupe d'enfants et adolescents âgés de 6 à 17 ans avec un diagnostic de TSA et des enfants avec un développement typique. Les enfants seront exposés à des images et des sons, et il s'agira d'évaluer leur attention, leur mémoire, ou leur réactivité émotionnelle. Les stimuli sensoriels sont présentés sur un écran d'ordinateur de façon graduée.

Le promoteur de l'étude est l'université Paris Nanterre. Elle sera menée auprès d'une centaine de participants pendant 18 mois.

Déroulement de l'étude

Après vérification des critères d'inclusion par un médecin investigateur de l'étude, la validation de la participation de l'enfant sera confirmée.

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Âge 6-17 ans Affiliation à un régime de sécurité sociale	Âge <6 ans ou >17 ans Maladie génétique : o Syndrome de l'X fragile o Syndrome de Down o Syndrome de Williams Épilepsie

1/ Les titulaires de l'autorité parentale du participant seront contactés par un investigateur (par téléphone ou en présentiel) afin de remplir le questionnaire de données socio-démographiques.

2/ Le test se déroule lors d'une visite à l'université ou au laboratoire qui sera organisée avec les titulaires de l'autorité parentale.
L'étude est proposée à l'enfant sur un écran tactile (durée 30-40 minutes) :

- Avant de commencer le test, le participant sera familiarisé selon la condition dans laquelle il a été assigné (mémoire, attention ou réactivité émotionnelle):
  - à l'appareil de réactivité électrodermale ;
    OU
  - à un test d'entraînement de mémoire ou d'attention.
- Les investigateurs devront vérifier le niveau d'anxiété du participant lors des entraînements. Toutes manifestations de malaise entraînera l'arrêt immédiat du protocole ;
- Le titulaire de l'autorité parentale pourra être présent auprès de l'enfant durant la phase de test ;
- Si le participant manifeste une bonne réceptivité à la tâche d'entraînement, le protocole lui sera soumis dans son intégralité :

  - Des stimuli visuels, auditifs et audiovisuels seront exposés au participant ;

  Stimuli visuel : le participant voit défiler le paysage par la fenêtre d'un train en mouvement.
  Trois vidéos d'une minute sont présentés :
  1ère vidéo : le participant visualise un paysage en mouvement ;
  2ème vidéo : on introduit des variations de lumière au paysage en mouvement ;
  3ème vidéo : on ajoute aux variations de lumière et de mouvement, une alternance de champs visuels (proche/loin).

  Stimuli auditif : le participant est exposé à l'aide d'un casque à une ambiance sonore d'un train.
  Trois audio d'une durée d'une minute sont présentés :
  1er audio : le participant entend un bruit de fond du train en marche ;
  2ème audio : on ajoute un bruit de conversation entre passagers du train ;
  3ème audio : s'ajoute aux deux précédentes bandes sonores une sonnerie de téléphone.

Stimuli audiovisuel : Une série de trois vidéos avec son sont présentés au participant.
Il s'agit d'une combinaison des vidéos et des audio (1ère vidéo + 1er audio ; 2ème vidéo + 2ème audio ; 3ème vidéo + 3ème audio). Chaque présentation a une durée d'une minute.

La durée de chaque vidéo est d'une minute. **Au total = 9 minutes**

- Réalisation des tâches neuropsychologiques ;

Un seul des tests sera assigné au participant (selon le groupe dans lequel il a été affecté).

Pour le test de mémoire, le participant visualise une ou plusieurs images qu'il a pour consigne de mémoriser. Ensuite, il doit retrouver sur l'écran suivant les images mémorisées parmi une autre série d'images.

Un premier test de mémoire est soumis avant l'exposition aux stimuli sensoriels ;
Un deuxième après l'exposition aux stimuli visuels ;
Un troisième après l'exposition aux stimuli auditifs ;
Un quatrième après l'exposition aux stimuli audiovisuels.

Pour le test d'attention, le participant doit retrouver parmi 124 images une image cible qui lui a été exposée.

Un premier test d'attention est soumis avant l'exposition aux stimuli sensoriels ;
Un deuxième après l'exposition aux stimuli visuels ;
Un troisième après l'exposition aux stimuli auditifs ;
Un quatrième après l'exposition aux stimuli audiovisuels.

- Relevé de la réponse électrodermale ;

Un appareil de mesure de l'activité électrodermale sera utilisé pour enregistrer les variations électriques à la surface de la peau, lors de la présentation des stimuli sensoriels.
Cette activité reflète le fonctionnement des glandes sudoripares qui est un indicateur neurovégétatif des activations cérébrales qui sous-tendent différents états cognitifs. L'activité électrodermale sera enregistrée par deux électrodes de gel palmaires (à usage unique).

L'appareil sont non invasif, indolore et silencieux.

Bénéfices attendus, contraintes et risques associés à la procédure spécifique de la recherche

La réalisation de ce protocole expérimentale d'évaluation du traitement de l'information sensorielle dans l'autisme a pour objectif attendu de favoriser la mesure de ce critère lors d'évaluation diagnostique. Cela permettra d'homogénéiser les pratiques de bilan pour diagnostiquer ce trouble du neuro-développement ainsi que d'améliorer le quotidien des personnes concernées grâce à une meilleure prise en compte de leur rythme et des aménagements de leur environnement.

Les sons et images sont similaires à des situations rencontrées par l'enfant dans la vie réelle. Les appareils de relevé pour les mesures physiologiques ne comportent aucun risque de douleur.

Concernant les risques :

- La projection d'image en mouvement peut causer chez certains participants des maux de tête ou vertiges ;
- L'environnement de test est susceptible de provoquer de l'anxiété chez le participant.

Si l'un de ces cas se présente, la tâche sera immédiatement stoppée.

Remboursement des frais

Les participants ne bénéficieront pas de remboursement de frais liés à la recherche. La participation à cette étude est non rémunérée.

B. DROITS, PROTECTION ET CONFIDENTIALITÉ

Vous êtes libre de retirer ou de cesser la participation de votre enfant à ce projet à tout moment. Ce retrait n'aura aucune conséquence sur la prise en charge de votre enfant. En cas de retrait, ces données ne seront pas (ou plus) utilisées dans quelque analyse et seront supprimées.

Votre enfant a la possibilité de participer simultanément à une autre recherche.

Les informations recueillies au cours de cette étude seront traitées de façon anonyme et confidentielle. L'identité de votre enfant sera dissimulée à l'aide d'un numéro aléatoire pour tous les types d'informations collectées. Seul le responsable de projet détient la table de correspondance qui permet de faire le lien entre l'identité de votre enfant et le numéro aléatoire attribué dans les différents fichiers. Les informations recueillies lors du protocole seront enregistrées dans un fichier informatisé par l'Université Paris Nanterre (200 avenue de la République 92001 Nanterre, France). La base légale du traitement est l'exécution d'une mission de service public d'enseignement supérieur prévue à l'article L. 123-3 du code de l'éducation.

En application de l'article L. 1121-11 et de l'article L. 1121-12 du code de la santé publique, votre enfant sera inscrit dans le fichier national des personnes qui se prêtent à des recherches impliquant la personne humaine (VRB ; Volontaire Recherche Biomédicale).

Les données personnelles de votre enfant seront traitées de manière confidentielle, conformément à la loi du 6 janvier 1978 modifiée dite « Loi Informatique et Libertés », et conformément au Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD*).

Vous pouvez accéder aux données vous concernant, les rectifier, demander leur effacement ou exercer votre droit à la limitation du traitement de vos données. Vous pouvez retirer à tout moment votre consentement au traitement des données de votre enfant.

Le traitement de vos données personnelles dans le cadre de la recherche est conforme à une méthodologie de référence (MR*) MR-001 établie par la commission nationale informatique et liberté (CNIL). Vous pouvez consultez le site cnil.fr pour avoir plus d'informations sur vos droits.

Pour exercer ces droits ou pour toute question sur le traitement des données de votre enfant dans ce dispositif, vous pouvez contacter, notre délégué à la protection : dpo@liste.parisnanterre.fr

Si vous estimez, après nous avoir contactés, que vos droits « Informatique et Libertés » ne sont pas respectés, vous pouvez adresser une réclamation à la CNIL.

Pour couvrir sa responsabilité et celle de toute personne intervenant dans la réalisation de la recherche, en vertu de l'article L. 1121-10 du CSP, l'Université Paris Nanterre garantit les risques encourus en application du principe selon lequel l'État est son propre assureur.

Si vous le souhaitez, vous pourrez être informé(e) des résultats globaux de cette recherche conformément aux dispositions de l'article L. 1122-1 du code de la santé publique, une fois que celle-ci sera achevée, par l'investigateur principale de la recherche.

C. ETHIQUE

Cette étude a été soumis au Comité de Protection des Personnes (CPP) Sud-Ouest et Outre-Mer II qui a émis un avis ……le …./…/… .

L'avis émis par le CPP a été transmise auprès de l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM) le …./…/… .

D. GLOSSAIRE

Recherche Impliquant la personne humaine	Les recherches organisées et pratiquées sur l'être humain en vue du développement des connaissances biologiques ou médicales sont désignées par le terme « recherche impliquant la personne humaine » (article L. 1121-1 du Code de la santé publique)
Investigateur	Personne physique chargée de surveiller et de diriger la recherche sur un lieu de recherche
RGPD	Règlement Général sur la Protection des Données Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données
Méthodologie de référence (MR)	Procédure simplifiée encadrant l'accès aux données de santé pour les promoteurs de recherche

E. CONTACT

Les membres de l'équipe de recherche se tiendront à votre disposition pour répondre à toute question que vous vous poseriez.

Personne à contacter * : ……
Téléphone :…….
Mail : …….

*à compléter par la personne ayant recueilli le consentement du patient

8.B. Notice d'information participants

Notice d'information 6-10 ans
Méthode FALC - Groupe TSA
Étude sur l'Intégration et le Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme
Promoteur Université Paris Nanterre

Nous te proposons de participer à une recherche pour mieux comprendre le trouble dont tu es atteint qui s'appelle le **Trouble du Spectre de l'Autisme**

C'EST QUOI L'AUTISME





On ne se sait toujours pas quels sont les causes exactes de l'autisme

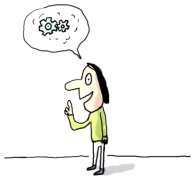


On sait que les enfants autistes ne vivent pas tous la même chose





Un enfant qui est autiste peut parfois avoir du mal à parler longtemps avec les autres, réagir de manière surprenante, ou parler avec beaucoup de détails





On a pu trouver des solutions pour que les enfants vivent mieux avec leur handicap, comme par exemple se sentir mieux à l'école



Ce sont des médecins et des chercheurs qui ont trouvé ces solutions en faisant des recherches



Cela permet trouver des solutions pour mieux aider les personnes

Nous nous sommes demandé dans notre recherche :

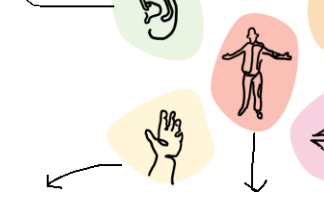
C'EST QUOI LES SENS



LA VISION
Par exemple lorsque la lumière est trop forte

L'AUDITION
Lorsque tu entends un bruit qui te surprend comme une alarme

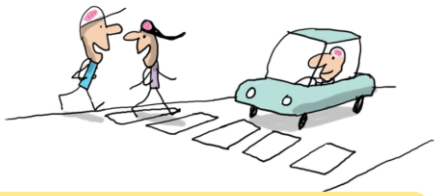
L'ODORAT
Quand tu trouves une odeur très désagréable !



LE TOUCHER
Quand tu touches une éponge qui gratte ou que tu sens le sable sous tes pieds

TON CORPS
Lorsque tu ne tiens plus sur tes jambes parce que tu as tourné sur toi-même

LE GOÛT
Un piment qui te brûle la langue !



Tes sens sont très importants : ils te permettent de comprendre le monde et de parler avec les autres



Pour toi, tes sens sont peut-être différents : et on voudrait savoir comment tu vois le monde.



Ta participation



Pour aider dans cette recherche, il faut que tu nous dises si tu es d'accord. Tes parents aussi doivent dire s'ils sont d'accord.





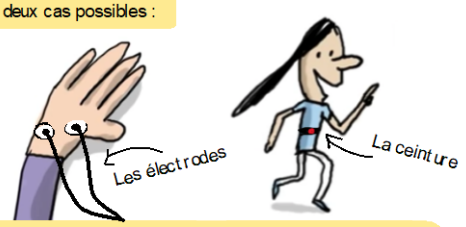
Même si tu es d'accord, tu pourras changer d'avis et arrêter quand tu voudras !



Nous mènerons cette étude pendant 18 mois

Qu'est-ce que je vais faire dans l'étude ?

Il y a deux cas possibles :



Cas N°1 : on va te poser deux électrodes sur la paume de ta main. Ne t'inquiète pas, elles ne font pas mal. C'est comme-ci tu portais deux pansements.
On te posera aussi une ceinture autour de la taille. Comme celle que tu vois sur l'image.

Ou Cas N°2 : tu devras réaliser des jeux de mémoire ou d'attention sur l'ordinateur





Ensuite des images et des sons te seront montrés sur un écran d'ordinateur

Version 3 - 21.07.2022

Page 9 sur 11

Est-ce que ça fait mal ?

Tu as raison c'est une bonne question !
Dans notre étude il y deux choses qui pourraient te déranger :

1



Comme nous te montrons des images, il est possible que tu aies mal à la tête



2



Tu pourrais aussi être stressé par ce que l'on te demande de faire, car c'est nouveau pour toi

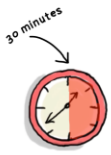


Mais si cela arrive, nous arrêterons tout de suite la tâche

Page 10 sur 11

Où et quand se déroule l'étude ?

L'étude se déroulera dans ton hôpital
Elle dure 30 minutes





Et si j'ai des questions ?

Et si tu as des questions, tu peux nous les poser quand tu veux !



Sources images :
https://www.youtube.com/c/Infocoolbytho

Version 3 - 21.07.2022

Page 11 sur 11

Notice d'information 6-10 ans : Groupe CONTROLE

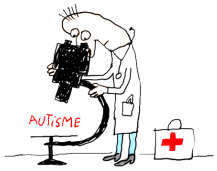
Étude sur l'Intégration et le Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme

Promoteur Université Paris Nanterre

Nous te proposons de participer à une recherche qui a pour but de mieux comprendre un trouble qui s'appelle l'Autisme

C'EST QUOI L'AUTISME





Malgré le travail de beaucoup de professionnels

Et le soutien des familles

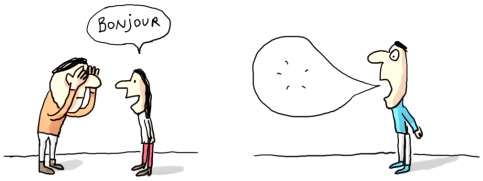




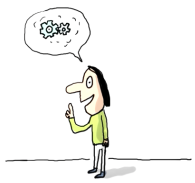
On ne se sait toujours pas quelles sont les causes exactes de ce handicap



On sait par contre que les enfants autistes ne vivent pas tous la même chose



Un enfant qui est autiste peut parfois avoir du mal à parler longtemps avec les autres, réagir de manière surprenante, ou parler avec beaucoup de détails

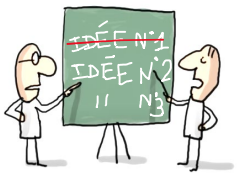


On a pu trouver des solutions pour que les enfants vivent mieux avec leur handicap (par exemple pour aller à l'école comme toi)



Ce sont des médecins et des chercheurs qui ont trouvé ces solutions en faisant des études cliniques



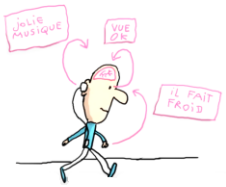


Ils se posent pleins de questions pour mieux comprendre un sujet

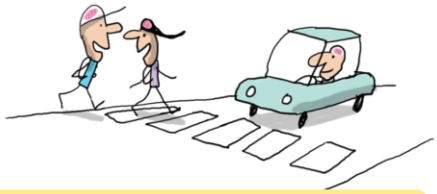
Nous nous sommes demandé dans notre recherche

C'EST QUOI LES SENS





Les sens comme l'ouïe, la vision ou le toucher nous donnent des informations sur ce qui se passe autour de nous



Tes sens sont très importants : ils te permettent de comprendre le monde et de parler avec les autres





Chez des personnes autistes, il est possible que leurs sens soient différents. Nous faisons cette étude pour mieux comprendre ces différences

Ma participation

Cette recherche permet de tester les sens des enfants qui sont autistes et de ceux qui ne le sont pas



Nous mènerons cette étude pendant 18 mois



Pour aider dans cette recherche, il faut que tu nous dises si tu es d'accord. Tes parents aussi doivent dire s'ils sont d'accord.

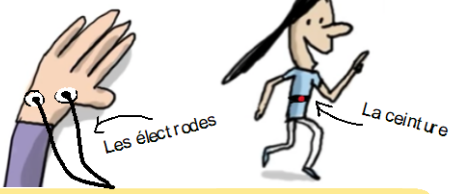




Même si tu es d'accord, tu pourras changer d'avis et arrêter quand tu voudras !

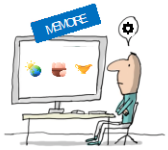
Qu'est-ce que je vais faire dans l'étude ?

Il y a deux cas possibles :



Cas N°1 : on va te poser deux électrodes sur la paume de ta main. Ne t'inquiète pas, elles ne font pas mal. C'est comme-ci tu portais deux pansements.
On te posera aussi une ceinture autour de la taille. Comme celle que tu vois sur l'image.

Ou Cas N°2 : tu devras réaliser des jeux de mémoire ou d'attention sur l'ordinateur





Ensuite des images et des sons te seront montrés sur un écran d'ordinateur

Est-ce que ça fait mal ?

Tu as raison c'est une bonne question !
Dans notre étude il y deux choses qui pourraient te déranger :

1



Comme nous te montrons des images, il est possible que tu aies mal à la tête



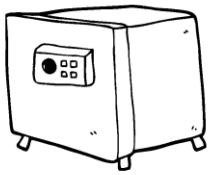
2



Tu pourrais aussi être stressé par ce que l'on te demande de faire, car c'est nouveau pour toi

Mais si cela arrive, nous arrêterons tout de suite la tâche

Et mes données ?

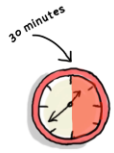


Et ne t'inquiète pas, toutes les informations que tu nous donneras seront bien gardées

Où et quand se déroule l'étude ?

L'étude se déroulera dans ton école
Elle dure 30 minutes





Mais pas sur un temps de cours pour ne pas bousculer tes apprentissages

Tu nous rencontreras sur un temps libre



Et si j'ai des questions ?

Et si tu as des questions, tu peux nous les poser quand tu veux



Sources images :
https://www.youtube.com/c/InfooubliyOho

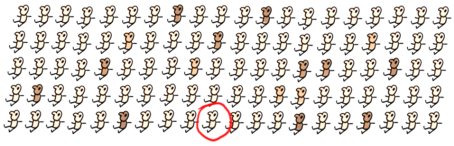
Notice d'information 11-17 ans : Groupe TSA
Étude sur l'Intégration et le Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme
Promoteur Université Paris Nanterre

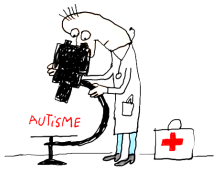
Nous te proposons de participer à une recherche qui a pour but de mieux comprendre le trouble dont tu es atteint qui s'appelle le Trouble du Spectre de l'Autisme

C'EST QUOI L'AUTISME



C'est un handicap qui toucherait près de 1 personne sur 100 à la naissance





Et malgré le travail de beaucoup de professionnels

Et le soutien des familles

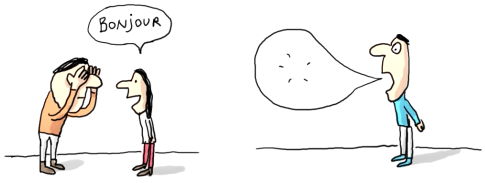




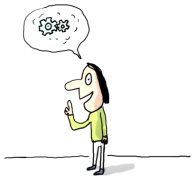
On ne se sait toujours pas quelles sont les causes exactes de ce handicap



On sait par contre que l'autisme peut se présenter de façon très différente d'une personne à l'autre



Un enfant qui est autiste peut parfois avoir du mal à tenir une conversation, réagir de manière surprenante, ou parler des choses très détaillées

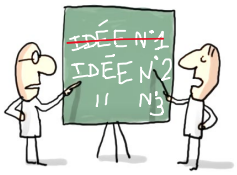


Les recherches sur l'autisme permettent de trouver des solutions pour les enfants afin d'être moins gêné par leur handicap et d'être accueilli plus facilement par exemple à l'école



Pour cela des médecins et des chercheurs font des études cliniques



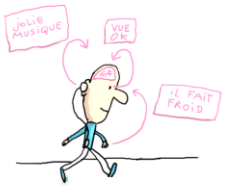


Pour mieux comprendre le trouble et trouver des solutions pour mieux aider ces personnes

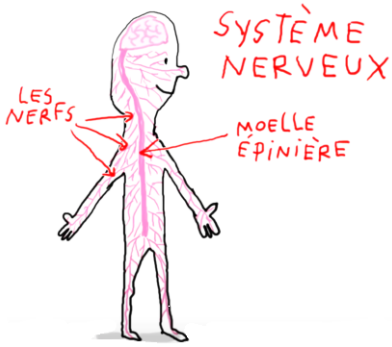
Dans cette étude nous nous sommes posé cette question

C'EST QUOI LES SENS

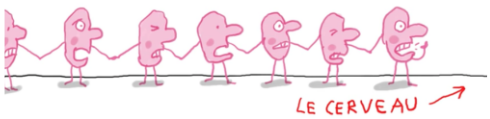




Les sens comme l'ouïe, la vision ou le toucher, nous donnent des informations sur ce qui se passe autour de nous



Toutes les informations sont reçues par des milliards de neurones qui communiquent entre elles par des signaux électriques. Ces signaux circulent dans le corps à partir de sortes de câbles que l'on appelle « les nerfs » jusqu'à ton cerveau



Imagine que tu goûtes un piment ultra-piquant !!



Un message nerveux est envoyé à une zone spéciale de ton cerveau

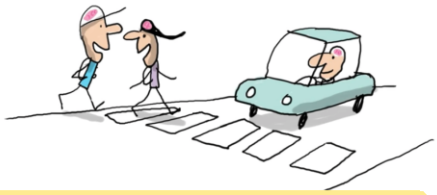
CORTEX GUSTATIF



Cette partie spéciale va analyser l'information et envoyer une réponse



Et tu recraches le piment



Le bon fonctionnement des sens est donc très important car ils permettent d'interagir avec ton environnement et avec les autres



Chez toi, il est possible que la sensorialité soit différente. Nous faisons cette étude pour mieux comprendre ces différences.

Ta participation

Nous avons besoin pour cette recherche de comparer la manière dont des enfants avec un trouble du spectre de l'autisme et des enfants sans trouble du spectre de l'autisme traitent les informations sensorielles





Si tu veux participer, et seulement après que la personne qui fait la recherche t'ait bien tout expliqué il faudra que tu donnes ton accord et que tes parents donnent leur autorisation

Mais tu as le droit à tout moment de changer d'avis, c'est-à-dire : arrêter ta participation à cette recherche quand tu veux !





Nous mènerons cette étude pendant 18 mois

Version 3 - 21.07.2022

Page 9 sur 14

Qu'est-ce que je vais faire dans l'étude ?

Il y a deux cas possibles :





Cas N°1 : on va te poser deux électrodes sur la paume de ta main. Ne t'inquiète pas, elles ne font pas mal. C'est comme-ci tu portais deux pansements.
On te posera aussi une ceinture autour de la taille. Comme celle que tu vois sur l'image.

Ou Cas N°2 : tu devras réaliser des jeux de mémoire ou d'attention sur l'ordinateur





Ensuite des images et des sons te seront montrés sur un écran d'ordinateur

Version 3 - 21.07.2022

Page 10 sur 14

Est-ce qu'il y a des risques ?

Tu as raison c'est une bonne question !
Dans notre étude il y deux risques possibles :





Comme nous te montrons des images, il est possible que tu aies mal à la tête

Et zut j'aurai dû rester au cours de maths...



Tu pourrais aussi être stressé par ce que l'on te demande de faire, car c'est nouveau pour toi

Mais si cela arrive, nous arrêterons tout de suite la tâche

1.07.2022

Page 11 sur 14

C'est quoi des données personnelles ?

Depuis le 25 Mai 2018, tous les pays européens appliquent les mêmes règles pour défendre notre vie privée



25 MAI 2018



Toutes ces règles sont rassemblées dans un texte, le RGPD. Il oblige aux personnes (par exemple les chercheurs) de recueillir uniquement les données qui sont justifiés, pas plus.

RÈGLEMENT GÉNÉRAL SUR LA PROTECTION DES DONNÉES





Nous devons faire attention à protéger les données que nous avons recueillies contre les pirates informatiques.

Version 3 - 21.07.2022

Page 12 sur 14

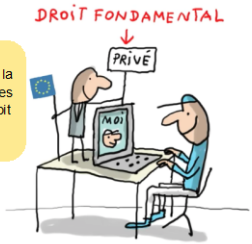
Chaque citoyen à le droit d'accéder aux données qui le concerne. Et de le corriger ou de les effacer.





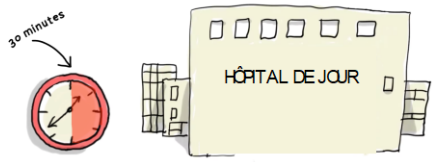
En cas de problème nous pouvons être aidé pour faire respecter ce droit.

Car l'Europe considère la protection des données personnelles comme un droit fondamentale.



Où et quand se déroule l'étude ?

L'étude se déroulera dans ton lieu de soin
Elle dure 30 minutes



Et si j'ai des questions ?

Et si tu as des questions, tu peux nous les poser quand tu veux !



Sources images:
https://www.youtube.com/c/Infocoubleytho

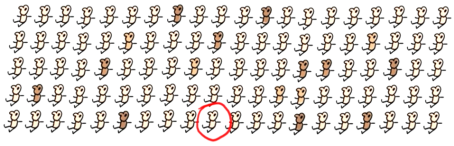
Notice d'information 11-17 ans
Étude sur l'Intégration et le Traitement de l'Encodage Sensoriel dans l'Autisme
Groupe Contrôle

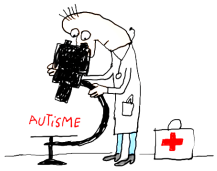
Nous te proposons de participer à une recherche qui a pour but de mieux comprendre un trouble qui s'appelle le Trouble du Spectre de l'Autisme

C'EST QUOI L'AUTISME



C'est un handicap qui toucherait près de 1 personne sur 100 à la naissance





Et malgré le travail de beaucoup de professionnels

Et le soutien des familles

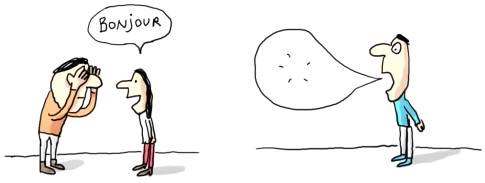




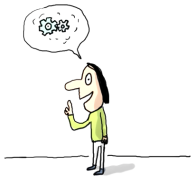
On ne se sait toujours pas quelles sont les causes exactes de ce handicap



On sait par contre que l'autisme peut se présenter de façon très différente d'une personne à l'autre



Un enfant qui est autiste peut parfois avoir du mal à tenir une conversation, réagir de manière surprenante, ou parler des choses très détaillées

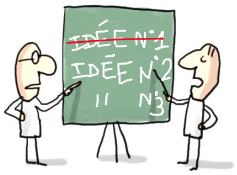


Les recherches sur l'autisme permettent de trouver des solutions pour les enfants afin d'être moins gêné par leur handicap et d'être accueilli plus facilement par exemple à l'école



Pour cela des médecins et des chercheurs font des études cliniques



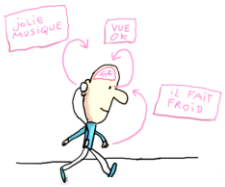


Pour mieux comprendre le trouble et trouver des solutions pour mieux aider ces personnes

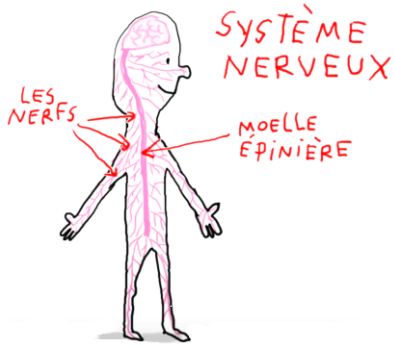
Dans cette étude nous nous sommes posé cette question

C'EST QUOI LES SENS

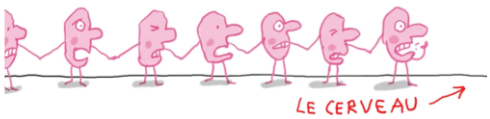




Les sens comme l'ouïe, la vision ou le toucher, nous donnent des informations sur ce qui se passe autour de nous



Toutes les informations sont reçues par des milliards de neurones qui communiquent entre elles par des signaux électriques. Ces signaux circulent dans le corps à partir de sortes de câbles que l'on appelle « les nerfs » jusqu'à ton cerveau



Imagine que tu goûtes un piment ultra-piquant !!



Un message nerveux est envoyé à une zone spéciale de ton cerveau

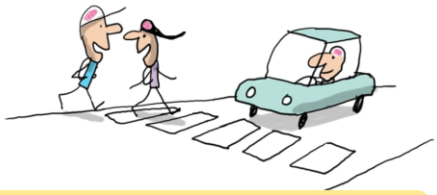
CORTEX GUSTATIF



Cette partie spéciale va analyser l'information et envoyer une réponse



Et tu recraches le piment



Le bon fonctionnement des sens est donc très important car ils permettent d'interagir avec ton environnement et avec les autres



Chez des personnes avec un trouble du spectre de l'autisme, il est possible que la sensorialité soit différente. Nous faisons cette étude pour mieux comprendre ces différences.

Ta participation

Nous avons besoin pour cette recherche de comparer la manière dont des enfants avec un trouble du spectre de l'autisme et des enfants sans trouble du spectre de l'autisme traitent les informations sensorielles





Si tu veux participer, et seulement après que la personne qui fait la recherche t'ait bien tout expliqué il faudra que tu donnes ton accord et que tes parents donnent leur autorisation

Mais tu as le droit à tout moment de changer d'avis, c'est-à-dire : arrêter ta participation à cette recherche quand tu veux !

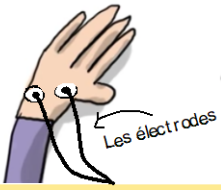




Nous mènerons cette étude pendant 18 mois

Qu'est-ce que je vais faire dans l'étude ?

Il y a deux cas possibles :





Cas N°1 : on va te poser deux électrodes sur la paume de ta main. Ne t'inquiète pas, elles ne font pas mal. C'est comme-ci tu portais deux pansements.
On te posera aussi une ceinture autour de la taille. Comme celle que tu vois sur l'image.

Ou Cas N°2 : tu devras réaliser des jeux de mémoire ou d'attention sur l'ordinateur





Ensuite des images et des sons te seront montrés sur un écran d'ordinateur

Est-ce qu'il y a des risques ?

Tu as raison c'est une bonne question !
Dans notre étude il y deux risques possibles :



1



Comme nous te montrons des images, il est possible que tu aies mal à la tête

Et zut j'aurai dû rester au cours de maths...



2

Tu pourrais aussi être stressé par ce que l'on te demande de faire, car c'est nouveau pour toi



Mais si cela arrive, nous arrêterons tout de suite la tâche

C'est quoi des données personnelles ?

Depuis le 25 Mai 2018, tous les pays européens appliquent les mêmes règles pour défendre notre vie privée





Toutes ces règles sont rassemblées dans un texte, le RGPD. Il oblige aux personnes (par exemple les chercheurs) de recueillir uniquement les données qui sont justifiés, pas plus.

RÈGLEMENT GÉNÉRAL SUR LA PROTECTION DES DONNÉES





Nous devons faire attention à protéger les données que nous avons recueillies contre les pirates informatiques.

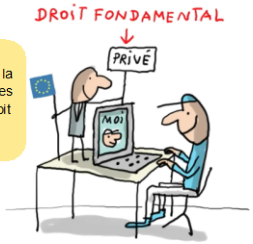
Chaque citoyen à le droit d'accéder aux données qui le concerne. Et de le corriger ou de les effacer.





En cas de problème nous pouvons être aidé pour faire respecter ce droit.

Car l'Europe considère la protection des données personnelles comme un droit fondamentale.



Où et quand se déroule l'étude ?

L'étude se déroulera dans ton école
Elle dure 30 minutes



Mais pas sur un temps de cours pour ne pas bousculer tes apprentissages

Tu nous rencontreras sur un temps libre



Et si j'ai des questions ?

Et si tu as des questions, tu peux nous les poser quand tu veux !



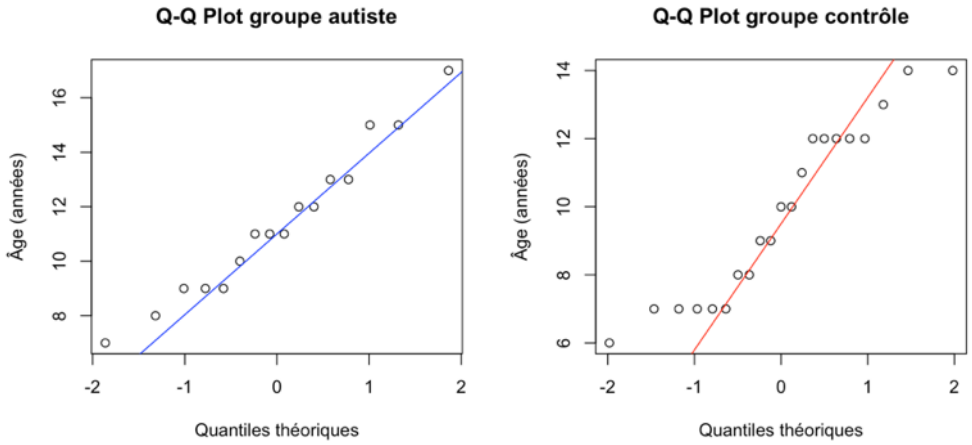
Sources images :
https://www.youtube.com/c/infocubitytho

Annexe 9 : Résultats complémentaires de l'étude expérimentale

9.A. Q-Q plots

Figure 33

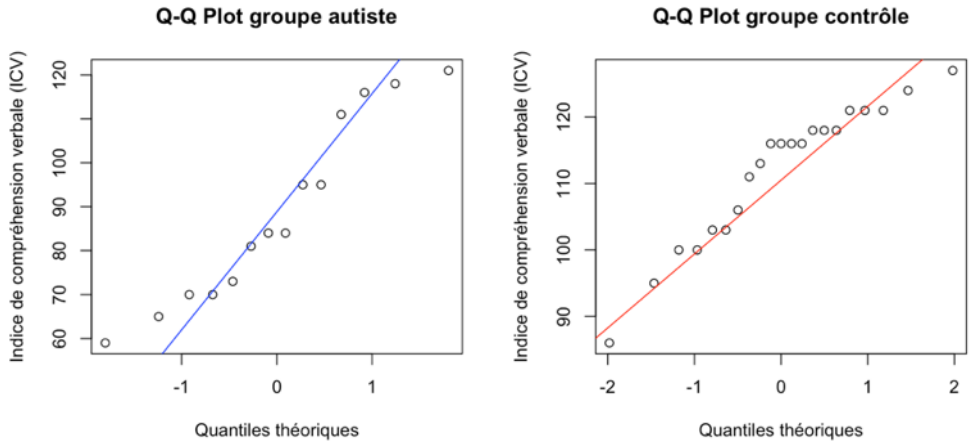
Q-Q plots de la répartition de l'âge selon le groupe



Commentaire : La distribution des âges dans le groupe autiste et le groupe contrôle semble proche d'une distribution normale, mais avec quelques écarts aux extrémités, en particulier dans le groupe contrôle.

Figure 34

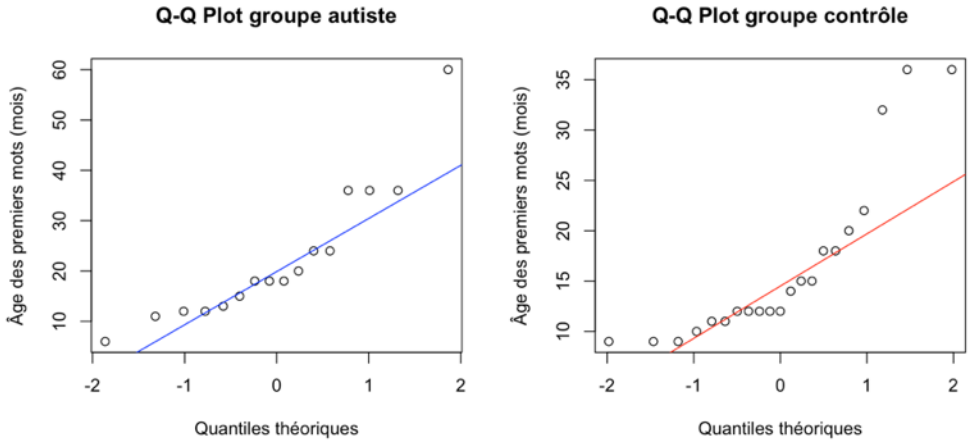
Q-Q plots de la répartition de l'indice de compréhension verbale selon le groupe



Commentaire : Les Q-Q plots ont montré de légères déviations aux extrémités pour le groupe autiste et au centre pour le groupe contrôle. Néanmoins, l'ensemble des points semble aligné sur la droite, ce qui suggère que les données suivent une distribution normale.

Figure 35

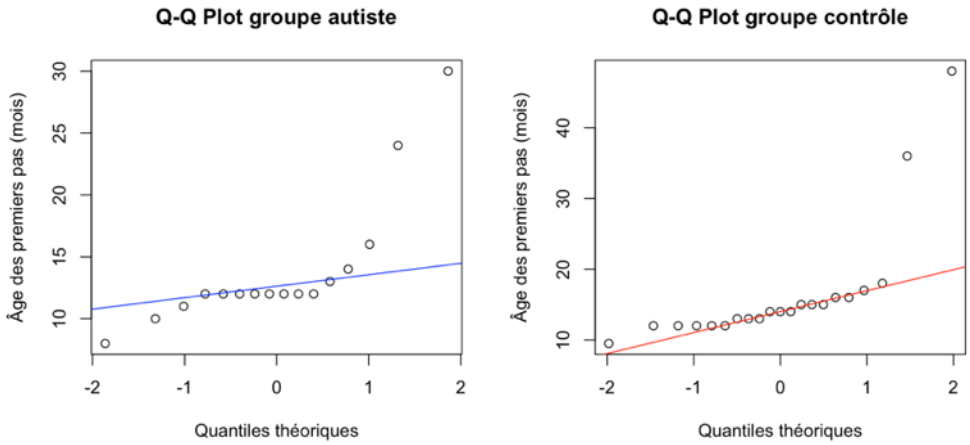
Q-Q plots de la répartition de l'âge des premiers mots selon le groupe



Commentaire : La visualisation graphique de la répartition des âges des premiers mots a montré que les valeurs sont globalement proches d'une distribution normale, mais présentent quelques valeurs extrêmes dans les quantiles élevés pour les deux groupes. Les déviations étaient plus marquées dans le groupe autiste, où les participants avaient tendance à avoir un âge des premiers mots plus tardif.

Figure 36

Q-Q plots de l'âge des premiers pas selon le groupe

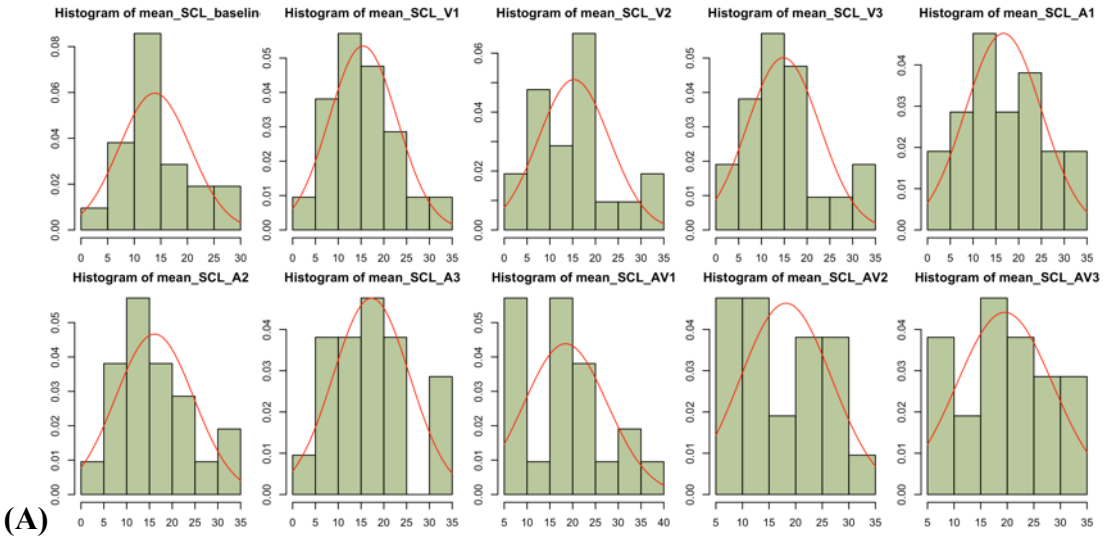


Commentaire : Dans les deux groupes, des écarts ont été observés aux extrémités, particulièrement pour les âges avancés. Ces écarts étaient plus marqués dans le groupe autiste. Ces observations nécessitent des tests supplémentaires (comme le test de Shapiro-Wilk) pour confirmer la non-normalité des distributions.

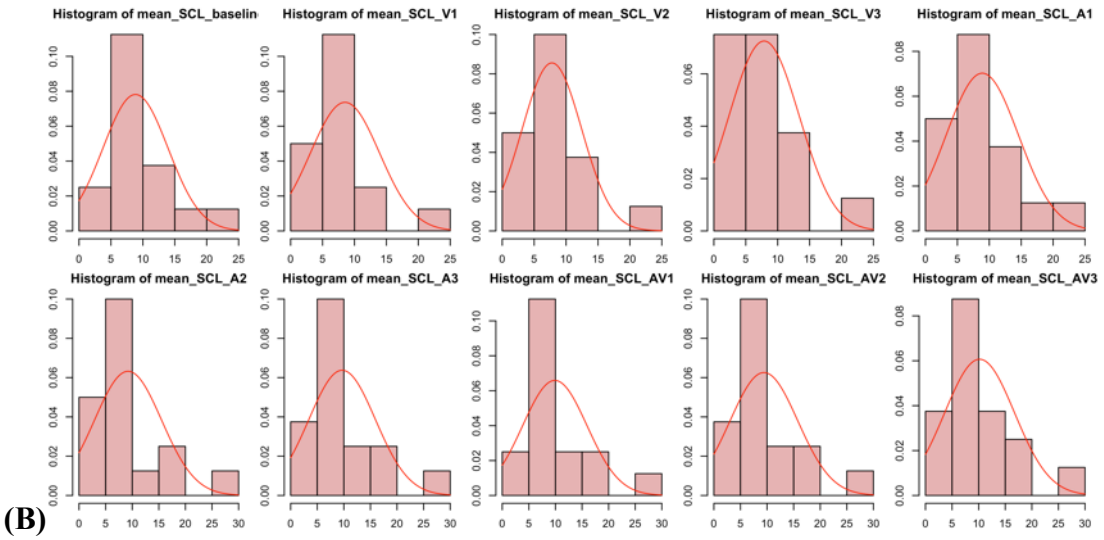
9.B. Histogrammes des distributions des moyennes des paramètres de la réactivité électrodermale des deux groupes

Figure 37

Histogrammes des moyennes des réponses SCL selon le type d'exposition dans le groupe contrôle (A) et le groupe autiste (B)



(A)

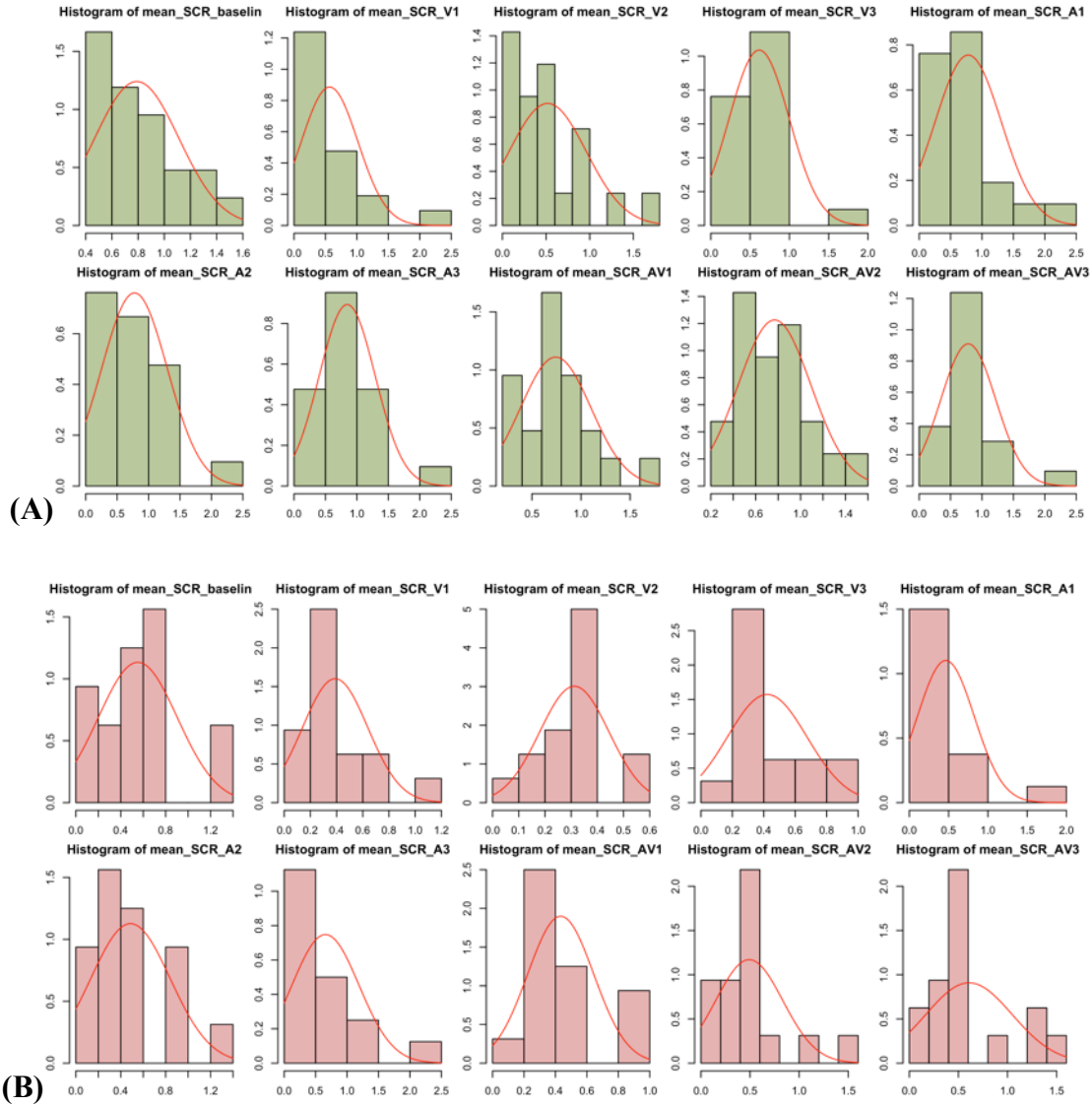


(B)

Commentaire : Concernant les distributions de la SCL dans le groupe contrôle, on a constaté qu'elles apparaissaient globalement compactes, ce qui suggèrait une certaine homogénéité des données (Figure 37a). Seules la *baseline* et les expositions auditives (A1, A2, A3) ont présenté des distributions légèrement asymétriques vers la droite. Pour le groupe autiste, les distributions semblaient plus asymétriques, ce qui suggèrait qu'elles ne suivaient pas une loi normale (Figure 37b).

Figure 38

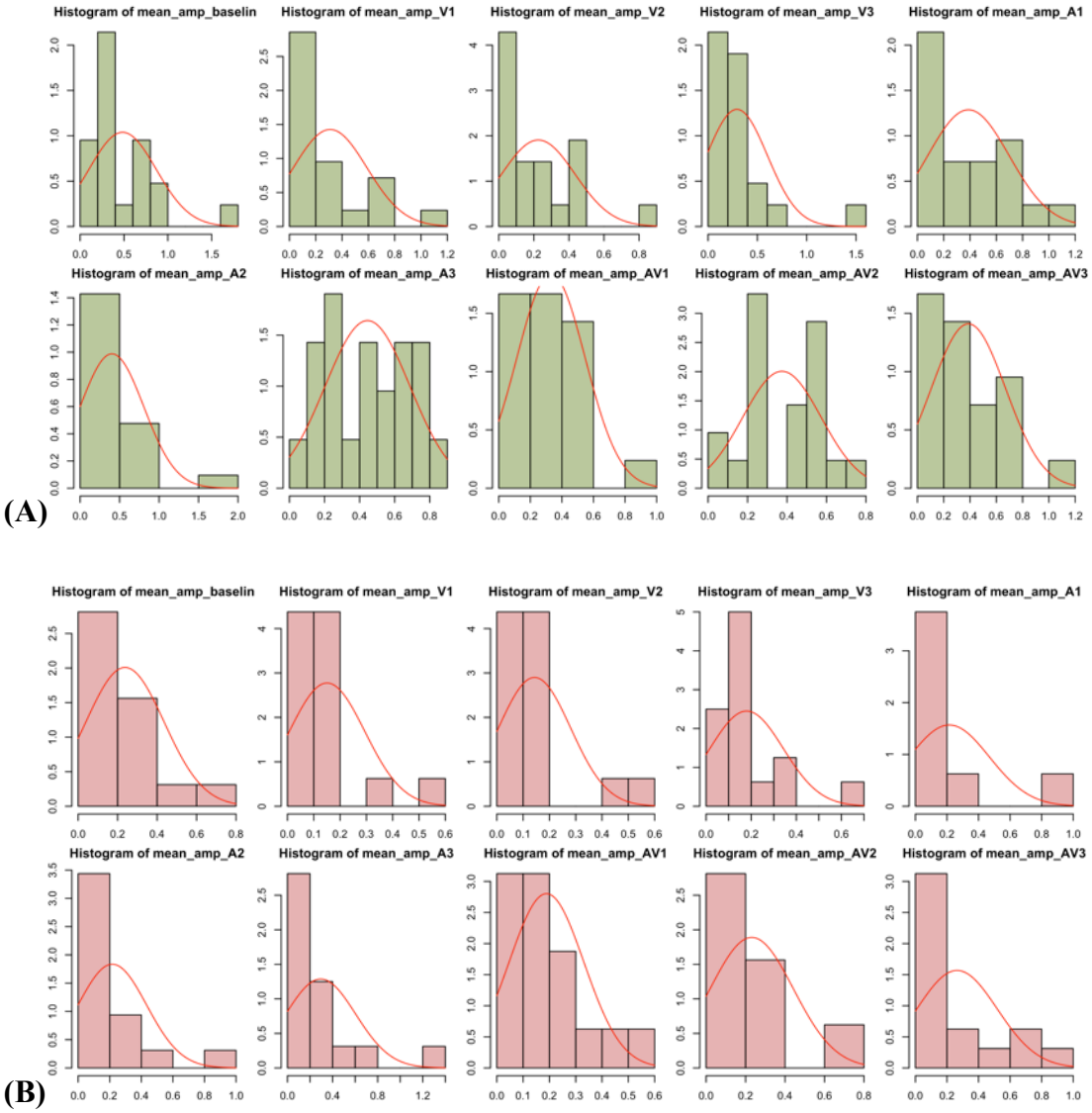
Histogrammes des moyennes des réponses SCR selon le type d'exposition dans le groupe contrôle (A) et le groupe autiste (B)



Commentaire : L'ensemble des mesures SCR des deux groupes ont montré des distributions asymétriques (Figure 39). Pour le groupe contrôle, cela s'est traduit par des valeurs élevées par rapport à celles du groupe autiste (Figure 38a). Pour le groupe autiste, on a constaté des distributions avec des valeurs plus dispersées (Figure 38b).

Figure 39

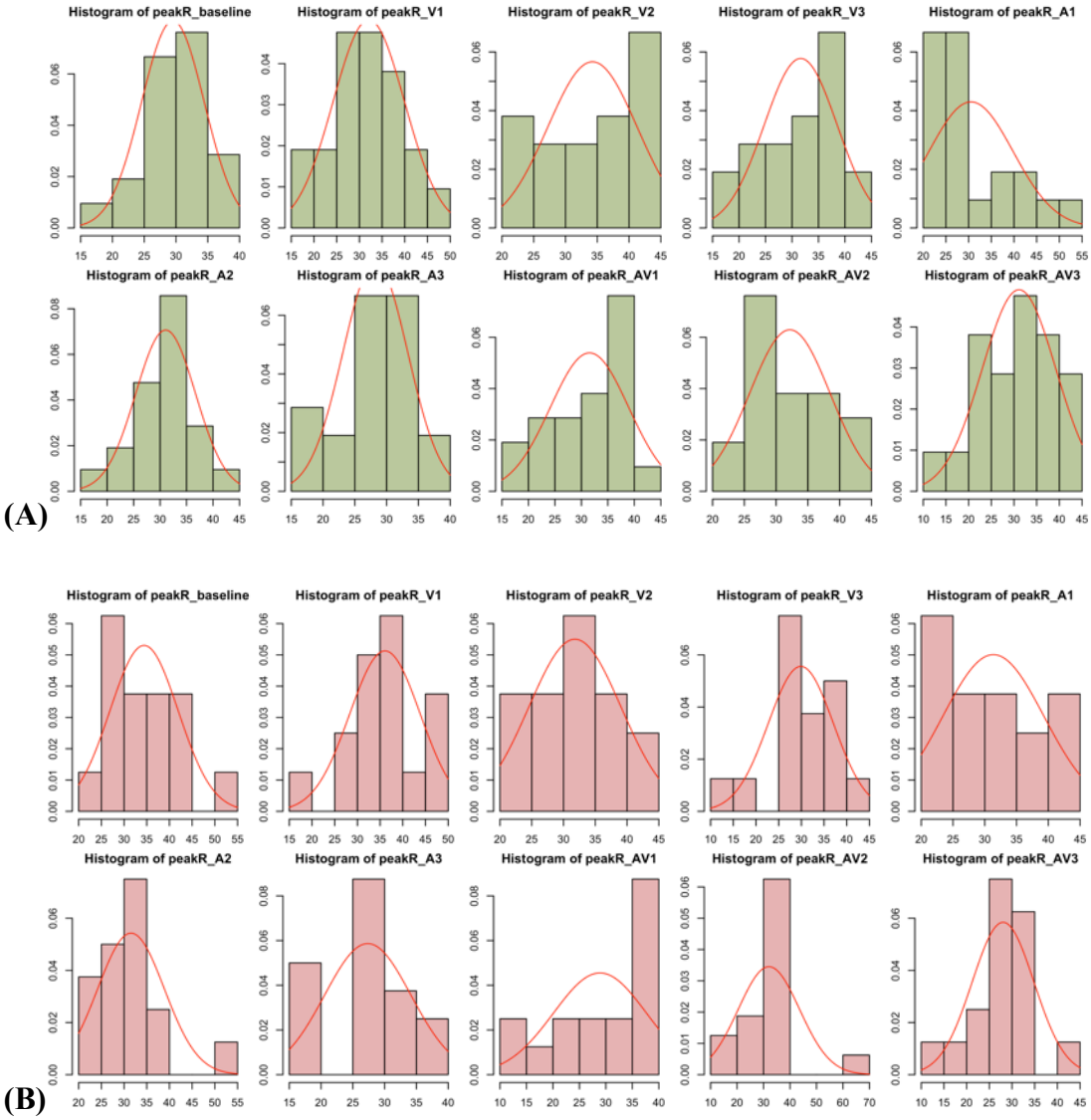
Histogrammes des moyennes de l'amplitude des réponses SCR selon le type d'exposition dans le groupe contrôle (A) et le groupe autiste (B)



Commentaire : Les deux groupes ont révélé des distributions principalement asymétriques, avec une prépondérance de réponses de faible amplitude. Cependant, l'amplitude des réponses SCR semblait plus faible et plus variables dans le groupe autiste (Figure 39b) que dans le groupe contrôle (Figure 39a).

Figure 40

Histogrammes des moyennes du taux de pics par minute selon le type d'exposition dans le groupe contrôle (A) et le groupe autiste (B)



Commentaire : Les deux groupes ont montré une prépondérance de taux de pics faibles par minute, mais avec des différences dans la distribution. Le groupe autiste semblait avoir des réponses plus concentrées autour des valeurs faibles (Figure 40b), tandis que le groupe contrôle présentait plus de dispersion, avec une partie des enfants ayant des taux de pics plus élevés (Figure 40a).

9.C. Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les quatre paramètres de la RED dans le groupe contrôle et le groupe autiste

Tableau 45

Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les données SCL dans le groupe contrôle et le groupe autiste

SCL groupe contrôle	*W*	*p-value*	Interprétation normalité	SCL groupe autiste	*W*	*p-value*	Interprétation normalité
mean_SCL_baseline	0,929	0,130	Non-rejetée		0,848	0,013*	Rejetée
mean_SCL_V1	0,951	0,362	Non-rejetée		0,802	0,003**	Rejetée
mean_SCL_V2	0,936	0,179	Non-rejetée		0,876	0,034*	Rejetée
mean_SCL_V3	0,941	0,233	Non-rejetée		0,834	0,008**	Rejetée
mean_SCL_A1	0,968	0,701	Non-rejetée		0,870	0,027*	Rejetée
mean_SCL_A2	0,929	0,134	Non-rejetée		0,822	0,005**	Rejetée
mean_SCL_A3	0,954	0,405	Non-rejetée		0,803	0,003**	Rejetée
mean_SCL_AV1	0,950	0,343	Non-rejetée		0,794	0,002**	Rejetée
mean_SCL_AV2	0,962	0,559	Non-rejetée		0,839	0,009**	Rejetée
mean_SCL_AV3	0,960	0,515	Non-rejetée		0,859	0,019*	Rejetée

Tableau 46

Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les données SCR dans le groupe contrôle et le groupe autiste

SCR groupe contrôle	*W*	*p-value*	Interprétation normalité	SCR groupe autiste	*W*	*p-value*	Interprétation normalité
mean_SCR_baseline	0,909	0,052*	Rejetée		0,893	0,063	Non-rejetée
mean_SCR_V1	0,777	<0,001***	Rejetée		0,893	0,061	Non-rejetée
mean_SCR_V2	0,843	0,003**	Rejetée		0,923	0,190	Non-rejetée
mean_SCR_V3	0,879	0,014*	Rejetée		0,917	0,150	Non-rejetée
mean_SCR_A1	0,894	0,026*	Rejetée		0,746	<0,001***	Rejetée
mean_SCR_A2	0,886	0,019*	Rejetée		0,871	0,028*	Rejetée
mean_SCR_A3	0,922	0,094	Non-rejetée		0,750	0,001***	Rejetée
mean_SCR_AV1	0,952	0,366	Non-rejetée		0,883	0,044*	Rejetée
mean_SCR_AV2	0,975	0,845	Non-rejetée		0,823	0,005**	Rejetée
mean_SCR_AV3	0,890	0,022*	Rejetée		0,838	0,009**	Rejetée

Tableau 47

Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les données de l'amplitude des réponses SCR dans le groupe contrôle et le groupe autiste

Amplitude groupe contrôle	*W*	*p-value*	Interprétation normalité	Amplitude groupe autiste	*W*	*p-value*	Interprétation normalité
mean_amp_baseline	0,893	0,026*	Rejetée		0,674	<0,001***	Rejetée
mean_amp_V1	0,718	<0,001***	Rejetée		0,708	<0,001***	Rejetée
mean_amp_V2	0,920	0,086	Non rejetée		0,705	<0,001***	Rejetée
mean_amp_V3	0,875	0,012*	Rejetée		0,878	0,036*	Rejetée
mean_amp_A1	0,939	0,212	Non rejetée		0,762	<0,001***	Rejetée
mean_amp_A2	0,912	0,060	Non rejetée		0,823	0,006*	Rejetée
mean_amp_A3	0,776	<0,001***	Rejetée		0,742	<0,001***	Rejetée
mean_amp_AV1	0,846	0,004**	Rejetée		0,711	<0,001***	Rejetée
mean_amp_AV2	0,701	<0,001***	Rejetée		0,794	0,002**	Rejetée
mean_amp_AV3	0,797	<0,001***	Rejetée		0,865	0,023*	Rejetée

Tableau 48

Résultats du test de Shapiro-Wilk pour les données des taux moyen de pics dans le groupe contrôle et autiste

Taux de pics groupe contrôle	*W*	*p-value*	Interprétation normalité	Taux de pics groupe autiste	*W*	*p-value*	Interprétation normalité
Peaks_baseline	0,868	0,009**	Rejetée		0,864	0,022*	Rejetée
Peaks_V1	0,960	0,520	Non rejetée		0,861	0,020*	Rejetée
Peaks_V2	0,964	0,593	Non rejetée		0,926	0,208	Non rejetée
Peaks_V3	0,932	0,149	Non rejetée		0,878	0,036*	Rejetée
Peaks_A1	0,937	0,187	Non rejetée		0,720	<0,001***	Rejetée
Peaks_A2	0,968	0,679	Non rejetée		0,921	0,175	Non rejetée
Peaks_A3	0,978	0,887	Non rejetée		0,973	0,888	Non rejetée
Peaks_AV1	0,923	0,100	Non rejetée		0,958	0,623	Non rejetée
Peaks_AV2	0,912	0,060	Non rejetée		0,957	0,604	Non rejetée
Peaks_AV3	0,941	0,229	Non rejetée		0,954	0,556	Non rejetée

9.D. Tableaux des kurtosis des variables de réactivité électrodermale dans le groupe contrôle et le groupe autiste

Tableau 49

Résultats du kurtosis pour les données SCL

SCL groupe contrôle	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]	SCL groupe autiste	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]
mean_SCL_baseline	-0,516	-3,516	Platykurtique		0,781	-2,220	Platykurtique
mean_SCL_V1	-0,320	-3,320	Platykurtique		2,572	-0,427	Platykurtique
mean_SCL_V2	-0,715	-3,715	Platykurtique		1,044	-1,956	Platykurtique
mean_SCL_V3	-0,253	-3,253	Platykurtique		2,013	-0,987	Platykurtique
mean_SCL_A1	-1,011	-4,011	Platykurtique		1,102	-1,898	Platykurtique
mean_SCL_A2	-0,453	-3,453	Platykurtique		1,817	-1,182	Platykurtique
mean_SCL_A3	-0,617	-3,453	Platykurtique		2,114	-0,886	Platykurtique
mean_SCL_AV1	-0,981	-3,981	Platykurtique		2,270	-0,729	Platykurtique
mean_SCL_AV2	-1,224	-4,225	Platykurtique		1,459	-1,540	Platykurtique
mean_SCL_AV3	-1,224	-4,224	Platykurtique		1,619	-1,380	Platykurtique

Note. Note commune pour les tableaux 49 à 52. (a) mésokurtique : distribution normale avec un pic modérée et des queues de tailles moyenne (kurtosis = 3) ; leptokurtique : distribution pointue avec des queues lourdes, indiquant plus de valeurs extrêmes (kurtosis > 3) ; platykurtique : distribution plate avec des queues légères, indiquant moins de valeurs extrêmes (kurtosis < 3).

Tableau 50

Résultats du kurtosis pour les données SCR

SCR groupe contrôle	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]	SCR groupe autiste	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]
mean_SCR_baseline	-1,136	-4,136	Platykurtique		0,155	-2,845	Platykurtique
mean_SCR_V1	3,032	0,032	Leptokurtique		0,003	-2,997	Platykurtique
mean_SCR_V2	0,676	-2,324	Platykurtique		-0,266	-3,266	Platykurtique
mean_SCR_V3	2,828	-0,172	Platykurtique		-1,138	-4,138	Platykurtique
mean_SCR_A1	-0,025	-3,025	Platykurtique		3,942	0,942	Leptokurtique
mean_SCR_A2	0,465	-2,534	Platykurtique		0,162	-2,838	Platykurtique
mean_SCR_A3	0,323	-2,676	Platykurtique		2,374	-0,626	Platykurtique
mean_SCR_AV1	0,013	-2,987	Platykurtique		-0,656	-3,656	Platykurtique
mean_SCR_AV2	-0,798	-3,798	Platykurtique		1,922	-1,077	Platykurtique

SCR groupe contrôle	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]	SCR groupe autiste	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]
mean_SCR_AV3	2,301	-0,698	Platykurtique		-0,728	-3,728	Platykurtique

Tableau 51

Résultats du kurtosis pour les données de l'amplitude des réponses SCR

Amplitude groupe contrôle	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]	Amplitude groupe autiste	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]
mean_amp_baseline	2,980	-0,020	Platykurtique		1,375	-2,845	Platykurtique
mean_amp_V1	1,494	-1,506	Platykurtique		2,516	-2,997	Platykurtique
mean_amp_V2	0,332	-2,668	Platykurtique		2,319	-3,266	Platykurtique
mean_amp_V3	5,876	2,876	Leptokurtique		2,555	-4,138	Platykurtique
mean_amp_A1	-1,051	-4,051	Platykurtique		1,549	0,942	Platykurtique
mean_amp_A2	5,534	2,534	Leptokurtique		3,050	-2,838	Leptokurtique
mean_amp_A3	-1,534	-4,554	Platykurtique		4,154	-0,626	Leptokurtique
mean_amp_AV1	1,283	-1,716	Platykurtique		-0,209	-3,656	Platykurtique
mean_amp_AV2	-1,331	-4,331	Platykurtique		1,170	-1,077	Platykurtique
mean_amp_AV3	0,556	-2,444	Platykurtique		0,034	-3,728	Platykurtique

Tableau 52

Résultats du kurtosis pour les données des taux moyens de pics

Taux de pics groupe contrôle	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]	Taux de pics groupe contrôle	*Kurtosis*	*Excess Kurtosis*	Interprétation[a]
Peaks_baseline	0,019	-2,981	Platykurtique		-0,959	-3,959	Platykurtique
Peaks_V1	-0,537	-3,537	Platykurtique		-0,595	-3,595	Platykurtique
Peaks_V2	-1,425	-4,425	Platykurtique		-1,092	-4,092	Platykurtique
Peaks_V3	-1,223	-4,223	Platykurtique		-0,245	-3,245	Platykurtique
Peaks_A1	-0,015	-3,015	Platykurtique		-1,429	-4,429	Leptokurtique
Peaks_A2	-0,140	-3,140	Platykurtique		1,982	-1,018	Platykurtique
Peaks_A3	-0,760	-3,760	Platykurtique		-1,082	-4,082	Platykurtique
Peaks_AV1	-1,129	-4,129	Platykurtique		-0,960	-3,959	Platykurtique
Peaks_AV2	-1,088	-4,088	Platykurtique		4,594	1,593	Platykurtique
Peaks_AV3	-0,769	-3,769	Platykurtique		0,394	-2,606	Platykurtique

9.E. Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney comparant les quatre paramètres électrodermaux entre le groupe contrôle et le groupe autiste pour chaque exposition

Tableau 53

Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney entre le groupe autiste et le groupe contrôle concernant les expositions visuelles

Tests statistiques (H1) –Vision						
	Groupe contrôle		**Groupe autiste**		**Wilcoxon-Mann-Whitney**	
Vision 1	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	15,463	7,453	7,039	5,416	67	0,001***
SCR	0,565	0,450	0,389	0,249	121	0,156
Amplitude	0,309	0,280	0,151	0,144	92	0,021*
Pics	32,08	7,872	36,08	7,780	215	0,154
Vision 2	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	15,282	7,814	7,780	4.663	65	0,001***
SCR	0,518	0,443	0,312	0,133	127	0,217
Amplitude	0,225	0,209	0,143	0,138	139	0,382
Pics	34,25	7,043	31,80	7,253	133,5	0,297
Vision 3	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	14,829	7,962	7,870	5,501	70	0,002**
SCR	0,616	0,385	0,422	0,254	115	0,108
Amplitude	0,292	0,309	0,180	0,163	121	0,156
Pics	31,64	6,904	29,88	7,178	149,5	0,581

Tableau 54

Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney entre le groupe autiste et le groupe contrôle concernant les expositions auditives

Tests statistiques (H1) – Audition						
	Groupe contrôle		**Groupe autiste**		**Wilcoxon-Mann-Whitney**	
Audition 1	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	16,663	8,372	8,905	5,676	72	0,003**
SCR	0,781	0,528	0,465	0,362	94	0,023
Amplitude	0,388	0,310	0,215	0,254	109	0,073
Pics	30,52	9,283	31,35	7,966	187	0,570
Audition 2	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	16,138	8,549	9,213	6,310	81	0,007**
SCR	0,776	0,524	0,487	0,354	106	0,059
Amplitude	0,403	0,404	0,216	0,217	106	0,059
Pics	31,05	5,645	31,53	7,349	162	0,866
Audition 3	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	17,280	8,382	9,681	6,257	71	0,002**
SCR	0,846	0,446	0,656	0,533	108	0,068
Amplitude	0,445	0,243	0,295	0,310	91	0,019*
Pics	28,23	5,125	27,35	6,801	158,5	0,783

Tableau 55

Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney entre le groupe autiste et le groupe contrôle concernant les expositions audiovisuelles

Tests statistiques (H1) – Audiovisuel						
	Groupe contrôle		**Groupe autiste**		**Wilcoxon-Mann-Whitney**	
Audiovisuel 1	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	18,462	9,100	9,886	6,054	78	0,005**
SCR	0,742	0,359	0,433	0,210	78	0,005**
Amplitude	0,331	0,217	0,189	0,142	93	0,022*
Pics	31,54	7,398	28,89	8,766	135	0,319
Audiovisuel 2	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	18,180	8,608	9,411	6,374	71	0,002**
SCR	0,768	0,325	0,492	0,341	82	0,008**
Amplitude	0,374	0,199	0,231	0,211	96	0,028*
Pics	32,16	6,340	32,02	11,557	151	0,613
Audiovisuel 3	M	ET	M	ET	W	*p-value*
SCL	19,534	9,038	10,178	6,573	72	0,003**
SCR	0,781	0,438	0,608	0,439	113	0,095
Amplitude	0,388	0,283	0,264	0,254	114	0,101
Pics	31,11	8,129	28,03	6,826	130	0,250

9.F. Résultats des tests post-hoc entre les paires de conditions pour les moyennes de SCR et SCL dans le groupe contrôle et le groupe autiste

Tableau 56

Résultats du test post-hoc entre les paires de mesures SCL du groupe contrôle

Moyennes SCL	Baseline	V1	V2	V3	A1	A2	A3	AV1	AV2	AV3
Baseline	*NA*									
V1	**0,002****	*NA*								
V2	0,06	0,609	*NA*							
V3	0,216	0,304	0,412	*NA*						
A1	**0,002****	0,147	**0,046***	**0,003****	*NA*					
A2	**0,016***	0,452	0,065	**0,013***	0,539	*NA*				
A3	**0,005****	0,055	**0,016***	**0,003****	0,157	**0,019***	*NA*			
AV1	**<0,001*****	**0,002****	**0,001*****	**<0,001*****	**0,002****	**<0,001*****	**0,014***	*NA*		
AV2	**0,001*****	**0,018***	**0,001*****	**0,001*****	**0,019***	**0,006****	0,111	0,517	*NA*	
AV3	**<0,001*****	**0,002****	**<0,001*****	**<0,001*****	**0,002****	**<0,001*****	**0,007****	0,203	**0,003****	*NA*

Tableau 57

Résultats du test post-hoc entre les paires de mesures SCL du groupe autiste

Moyennes SCL	Baseline	V1	V2	V3	A1	A2	A3	AV1	AV2	AV3
Baseline	*NA*									
V1	**0,016***	*NA*								
V2	**0,003****	0,144	*NA*							
V3	0,093	0,94	0,231	*NA*						
A1	0,375	0,274	**0,025***	0,821	*NA*					
A2	0,464	0,193	**0,021***	0,348	0,632	*NA*				
A3	0,433	**0,021***	**<0,001*****	**0,025***	0,083	**0,029***	*NA*			
AV1	0,175	0,464	**0,011***	0,98	0,597	0,562	0,065	*NA*		
AV2	0,562	0,252	**0,018***	0,9	0,495	0,98	0,433	0,323	*NA*	
AV3	0,9	**0,011***	**0,004****	0,065	0,13	0,231	0,94	0,093	0,175	*NA*

Tableau 58

Résultats du test post-hoc entre les paires de mesures SCR du groupe contrôle

Moyenne SCR	Baseline	V1	V2	V3	A1	A2	A3	AV1	AV2	AV3
Baseline	*NA*									
V1	**0,001*****	*NA*								
V2	**0,002****	0,838	*NA*							
V3	**0,022***	0,338	0,082	*NA*						
A1	1	**0,018***	**0,005****	0,06	*NA*					

A2	0,683	**0,026***	**0,009****	0,111	0,865	*NA*				
A3	0,812	**0,013***	**0,002****	**0,029***	0,432	0,473	*NA*			
AV1	0,658	**0,011***	**0,006****	**0,038***	0,683	0,733	0,355	*NA*		
AV2	0,785	**0,011***	**0,002****	**0,038***	0,946	0,838	0,517	0,609	*NA*	
AV3	0,633	**0,050***	**0,007****	0,089	1	0,633	0,355	0,683	0,539	*NA*

Tableau 59

Résultats du test post-hoc entre les paires de mesures SCR du groupe autiste

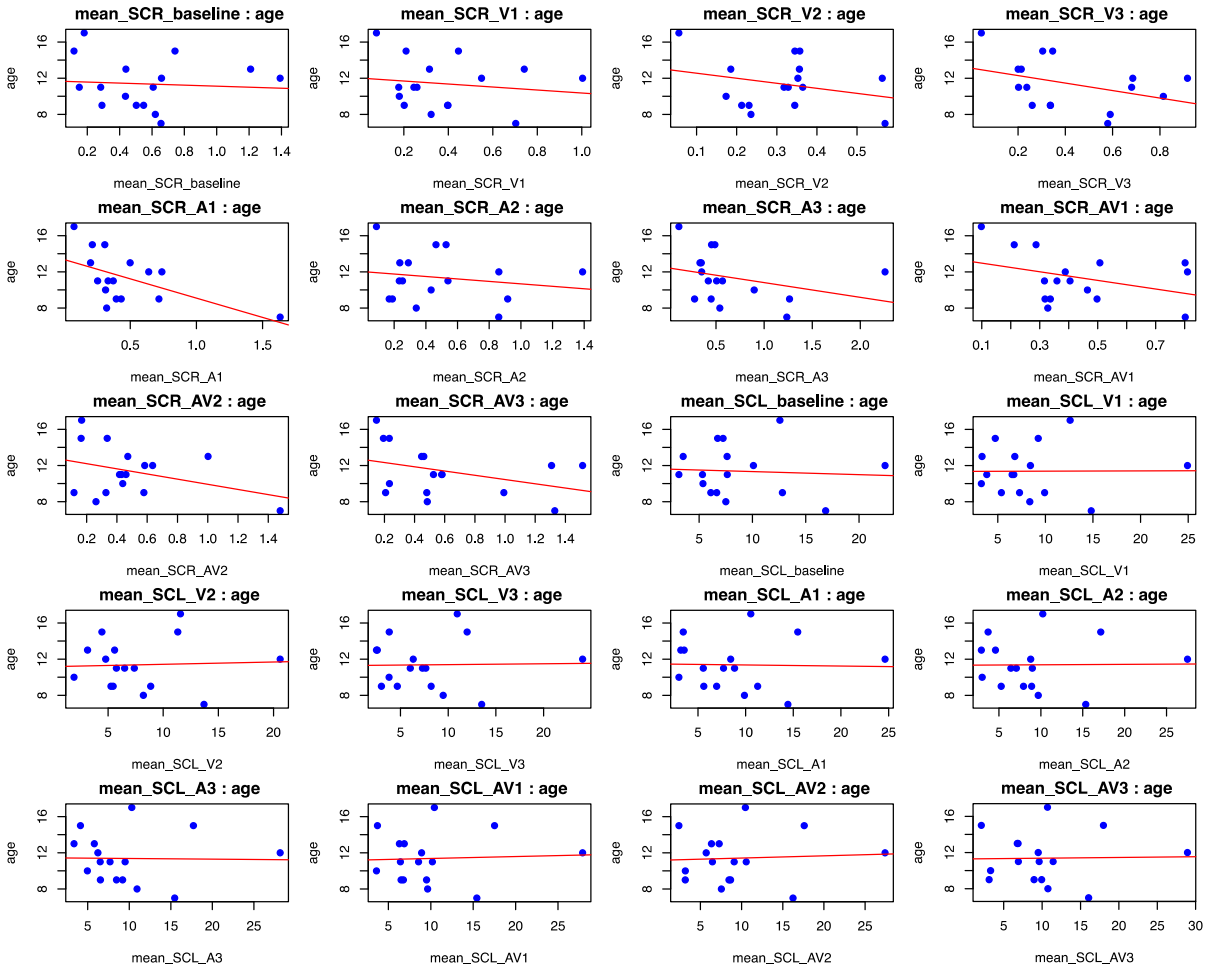
Moyennes SCR	**Baseline**	**V1**	**V2**	**V3**	**A1**	**A2**	**A3**	**AV1**	**AV2**	**AV3**
Baseline	*NA*									
V1	**0,016***	*NA*								
V2	**0,003****	0,144	*NA*							
V3	0,093	0,94	0,231	*NA*						
A1	0,375	0,274	**0,025***	0,821	*NA*					
A2	0,464	0,193	**0,021***	0,348	0,632	*NA*				
A3	0,433	**0,021***	**<0,001*****	**0,025***	0,083	**0,029***	*NA*			
AV1	0,175	0,464	**0,011***	0,98	0,597	0,562	0,065	*NA*		
AV2	0,562	0,252	**0,018***	0,9	0,495	0,98	0,433	0,323	*NA*	
AV3	0,9	**0,011***	**0,004****	0,065	0,13	0,231	0,94	0,093	0,175	*NA*

9.G. Distribution des mesures électrodermales selon l'âge pour les deux groupes

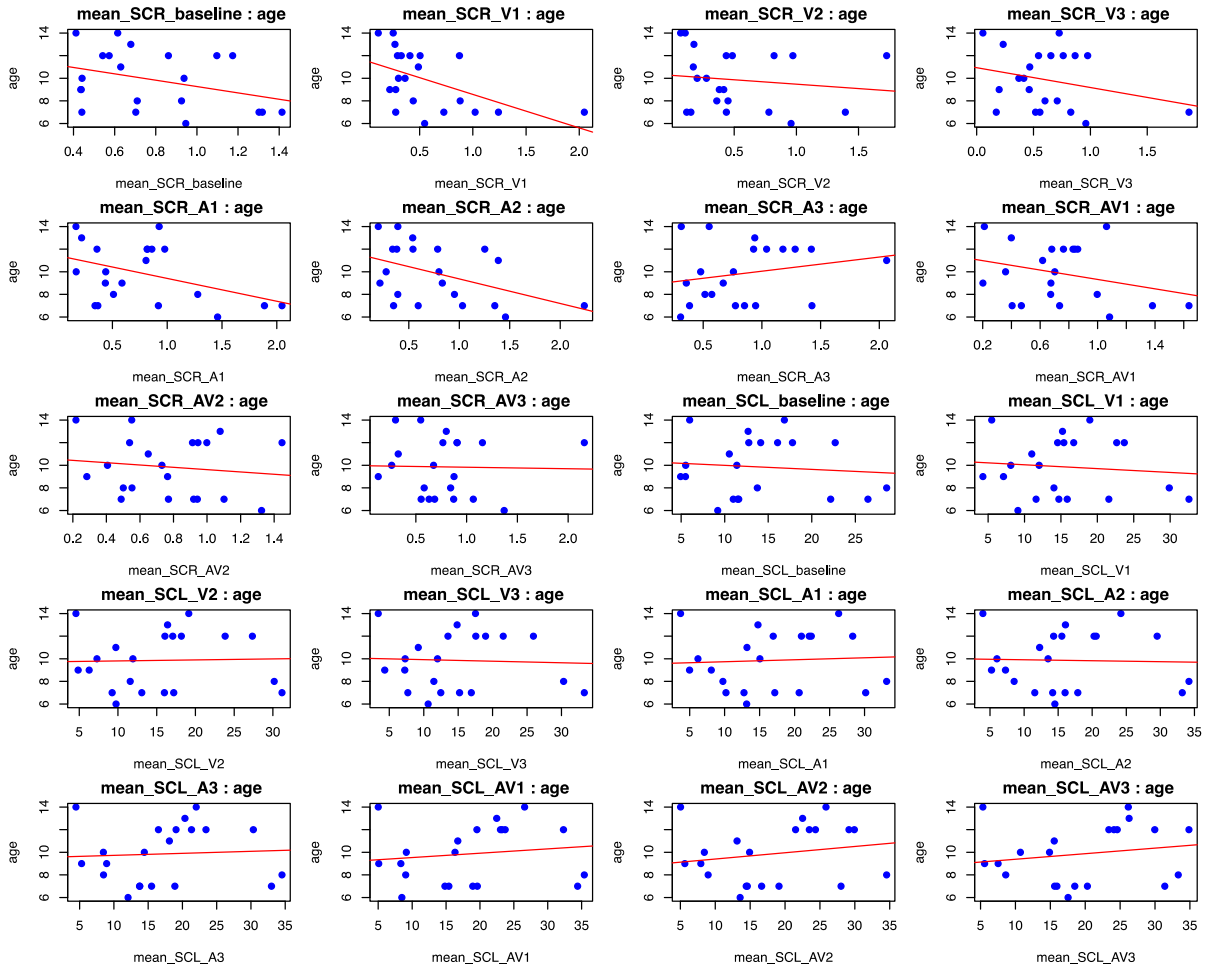
Figure 41

Nuage de points représentant la distribution des composantes tonique et phasique pour les neuf expositions et la baseline des deux groupes : (A) groupe autiste et (B) groupe contrôle

(A)



(B)


mean_SCR_baseline : age
mean_SCR_V1 : age
mean_SCR_V2 : age
mean_SCR_V3 : age
mean_SCR_A1 : age
mean_SCR_A2 : age
mean_SCR_A3 : age
mean_SCR_AV1 : age
mean_SCR_AV2 : age
mean_SCR_AV3 : age
mean_SCL_baseline : age
mean_SCL_V1 : age
mean_SCL_V2 : age
mean_SCL_V3 : age
mean_SCL_A1 : age
mean_SCL_A2 : age
mean_SCL_A3 : age
mean_SCL_AV1 : age
mean_SCL_AV2 : age
mean_SCL_AV3 : age
age
mean_SCR_baseline
mean_SCR_V1
mean_SCR_V2
mean_SCR_V3
mean_SCR_A1
mean_SCR_A2
mean_SCR_A3
mean_SCR_AV1
mean_SCR_AV2
mean_SCR_AV3
mean_SCL_baseline
mean_SCL_V1
mean_SCL_V2
mean_SCL_V3
mean_SCL_A1
mean_SCL_A2
mean_SCL_A3
mean_SCL_AV1
mean_SCL_AV2
mean_SCL_AV3