



HAL
open science

Revue systématique des méthodes d'évaluation du traitement sensoriel chez les enfants et adolescents autistes

Sandra Brouche, Fabienne Cazalis, Natalie Rigal

► **To cite this version:**

Sandra Brouche, Fabienne Cazalis, Natalie Rigal. Revue systématique des méthodes d'évaluation du traitement sensoriel chez les enfants et adolescents autistes. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 2024, 10.1016/j.neurenf.2024.07.004 . hal-04708504

HAL Id: hal-04708504

<https://hal.parisnanterre.fr/hal-04708504v1>

Submitted on 6 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

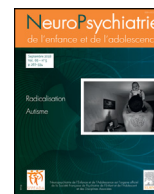


Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



Revue de la littérature

Revue systématique des méthodes d'évaluation du traitement sensoriel chez les enfants et adolescents autistes

Systematic review of methods for assessing sensory processing in children and adolescents with autism spectrum condition

Sandra Brouche^{a,b,*}, Fabienne Cazalis^b, Natalie Rigal^a

^a Département de psychologie, CLIPSYD, université Paris Nanterre, 200, avenue de la République, 92000 Nanterre, France

^b Centre d'analyse et de mathématique sociales, EHESS-CNRS, CAMS UMR 8557, 54, boulevard Raspail, 75006 Paris, France



INFO ARTICLE

Mots clés:

Autisme
Enfants/adolescents
Traitement sensoriel
Évaluation
Revue systématique
COSMIN

Keywords:

Autism spectrum condition
Children/adolescent
Sensory processing
Assessment
Systematic review
COSMIN

RÉSUMÉ

Le traitement sensoriel est un critère diagnostique de l'autisme depuis la cinquième version du DSM. Cependant, il n'existe pas de consensus concernant les méthodes d'évaluation. Cet article est une revue systématique des méthodes d'évaluation du traitement sensoriel chez les enfants et adolescents autistes âgés de 0 à 18 ans, avec trois objectifs : (1) identifier et organiser, en utilisant les recommandations PRISMA, les différentes méthodes et outils utilisés dans les articles scientifiques pour évaluer le traitement sensoriel dans l'autisme ; (2) discuter de leurs avantages et limitations, notamment en appliquant la checklist COSMIN ; (3) suggérer des recommandations. L'analyse des 142 articles sélectionnés a révélé cinq types de méthode d'évaluation : questionnaire, test psychophysique, électroencéphalographie, neuro-imagerie et observation. Les questionnaires étaient la méthode clinique la plus fréquemment citée, tandis que les tests psychophysiques étaient la méthode de recherche la plus représentée. Chaque méthode a présenté des limitations en termes d'utilisation individuelle en raison de protocoles non standardisés et de cibles d'investigation variées. Cette revue systématique a permis de mieux identifier les méthodes utilisées dans les domaines cliniques et de recherches pour évaluer les spécificités du traitement sensoriel chez les enfants et adolescents sur le spectre. Elle a également souligné que le manque de consensus concernant les évaluations serait en partie dû à un problème de définition de ce processus. Les recherches futures devront s'accorder sur une caractérisation du traitement sensoriel afin de développer une évaluation commune.

© 2024 L'Auteur(s). Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ABSTRACT

Sensory processing has been a diagnostic criterion for autism spectrum condition since the fifth version of the DSM. However, there is no consensus regarding assessment methods. This article is a systematic review of methods for assessing sensory processing in children and adolescents with autism aged between 0 and 18 years, with three objectives: (1) to identify and organize, using PRISMA, the different methods used in scientific articles for assessing sensory processing in autism; (2) to discuss their advantages and limitations by using the COSMIN checklist; (3) to suggest possible recommendations. Analysis of the 142 articles selected revealed five types of assessment method: questionnaires, psychophysical measurements, electroencephalography, neuroimaging and observation. Questionnaires were the most frequently cited clinical method, while psychophysical tests were the most represented. Each method has limitations in terms of individual utilization due to non-standardized procedures and varied investigation targets. While this systematic review makes it possible to better identify the methods used in the

* Auteur correspondant.
Adresse e-mail : sbrouche@parisnanterre.fr (S. Brouche).

clinical and research fields for sensory processing specificities in children and adolescents on the spectrum, it also highlights the fact that the lack of consensus on assessments is partly due to a problem of definition of this process. Future research will need to agree on a characterization of sensory processing in order to develop a common assessment.

© 2024 The Author(s). Published by Elsevier Masson SAS. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introduction

Depuis sa première description par Kanner [1], l'autisme a été caractérisé, entre autres critères, par des spécificités de traitement sensoriel. Cependant, ce n'est qu'à partir de 2013 que le traitement sensoriel a été intégré comme un élément du diagnostic dans le DSM-5 [2]. Cette composante est ainsi reconnue comme un élément essentiel tant sur le plan clinique que théorique [3]. Schauder et Bennetto [4] ont défini le traitement sensoriel comme « le processus par lequel le cerveau enregistre les entrées sensorielles du monde extérieur et l'individu génère une réponse basée sur ces entrées ». Sur le plan neurophysiologique, une revue a montré que les marqueurs des spécificités du traitement sensoriel dans l'autisme ne sont pas consensuels, et peuvent même être contradictoires [5]. Néanmoins, les auteurs ont suggéré que les différences dans le traitement sensoriel pourraient être en partie responsables des caractéristiques fondamentales de l'autisme, ce qui souligne la nécessité de mieux évaluer cette composante.

DuBois et al. [6] ont souligné l'importance d'avoir des lignes directrices d'évaluation pour les professionnels afin de renforcer la pratique fondée sur les preuves. Les guides de recommandations internationaux sur les évaluations diagnostiques de l'autisme recommandent de porter attention au traitement sensoriel [7–10]. Cependant, bien qu'ils reconnaissent les symptômes sensoriels comme critères, ils ne recommandent aucun outil d'évaluation dans ce domaine au stade du diagnostic ou de la prise en charge. Par conséquent, bien que le traitement sensoriel nécessite d'être évalué dans la clinique de l'autisme, il n'existe pas à ce jour de lignes directrices claires sur la manière de procéder.

Au cours des dix dernières années, plusieurs revues ont tenté de caractériser le traitement sensoriel dans l'autisme en se concentrant sur les méthodes d'évaluation [6,11–16]. Plusieurs outils ont été créés qui diffèrent selon la méthode (questionnaire, test psychophysique, protocole d'observation) et les modalités sensorielles évaluées (vision, audition, toucher, goût, odorat et proprioception/vestibulaire). Deux observations clés émergent de ces revues : 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 sont particulièrement hétérogènes. Cependant, ces études peuvent avoir certaines limitations dans la mesure où elles se concentrent uniquement sur les adultes et/ou présentent un nombre restreint d'études.

Toutes les revues citées ci-dessus soulignent également l'influence de l'apport théorique dans la construction des outils. Dans ces revues, deux théories sont citées comme fondatrices des outils, en particulier des questionnaires.

La *théorie de l'intégration sensorielle* développée par Ayres [17] est pionnière dans ce domaine. Elle est caractérisée comme un processus neurophysiologique permettant le traitement, la connexion et l'organisation des informations sensorielles provenant de l'environnement par un individu. Cette théorie, initialement développée pour les enfants présentant des troubles d'apprentissage, s'est révélée pertinente, selon son auteur, pour comprendre le traitement sensoriel dans l'autisme. Poursuivant sur cette voie, Dunn

[18] a apporté un éclairage sur les processus sous-jacents au traitement sensoriel dans l'autisme par un modèle nommé « seuils neurologiques et réponses comportementales ». Selon ce modèle, la modulation sensorielle présenterait des anomalies qui seraient à la source des spécificités du traitement sensoriel chez les individus autistes. Ces théories sont à la base de la construction des questionnaires. Cependant, leurs validations expérimentales apparaissent insuffisantes à ce jour pour parvenir à une homogénéisation des méthodes d'évaluation.

En conséquence, le manque de consensus dans l'évaluation du traitement sensoriel 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 [19]. En conséquence, 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 du traitement sensoriel.

Les principaux objectifs de notre revue étaient : d'identifier et de classer les méthodes et outils existants pour évaluer le traitement sensoriel chez les enfants et adolescents autistes ; d'examiner les intérêts et limitations de chaque méthode ; et de fournir des recommandations. À la différence des travaux antérieurs, le choix de se concentrer sur l'enfant et l'adolescent est motivé par le fait que cette période de la vie est celle où les bilans d'évaluations sont les plus fréquemment réalisés.

2. Méthodes

Une revue systématique a été réalisée [20,21]. Pour l'extraction des données, le choix des mots-clés était basé sur le répertoire *Medical Subject Headings* (MeSH) – un thésaurus qui détaille le langage pouvant être utilisé pour interroger des bases de données. Les mots-clés utilisés étaient « autism », « assessment », « children and adolescent » et « sensory ». Les arbres lexicaux résultants ont été utilisés dans chaque base de données. 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. Finalement, seuls les articles en anglais et en français ont été retenus. Les critères d'inclusion et d'exclusion ont été décidés de manière itérative par tous les membres de l'équipe de recherche. 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), (3) présenter une évaluation du traitement sensoriel pour une population autiste, avec des participants âgés de 0 à 18 ans ayant un diagnostic d'autisme confirmé par un clinicien habilité.

Les articles provenant des bases de données ont été vérifiés pour s'assurer qu'ils ne figuraient pas sur la liste des journaux prédateurs (<https://predatoryjournals.org/the-list>). Le test « Compass to Publish », développé par l'université Libre de Liège, a été utilisé pour identifier les articles (<https://app.lib.uliege.be/compass-to-publish/>).

Les recommandations *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) [22] ont été utilisées pour rapporter cette étude (Fig. 1). Chaque étape de traitement a été consignée dans un document Excel, avec le motif d'inclusion et d'exclusion des articles.

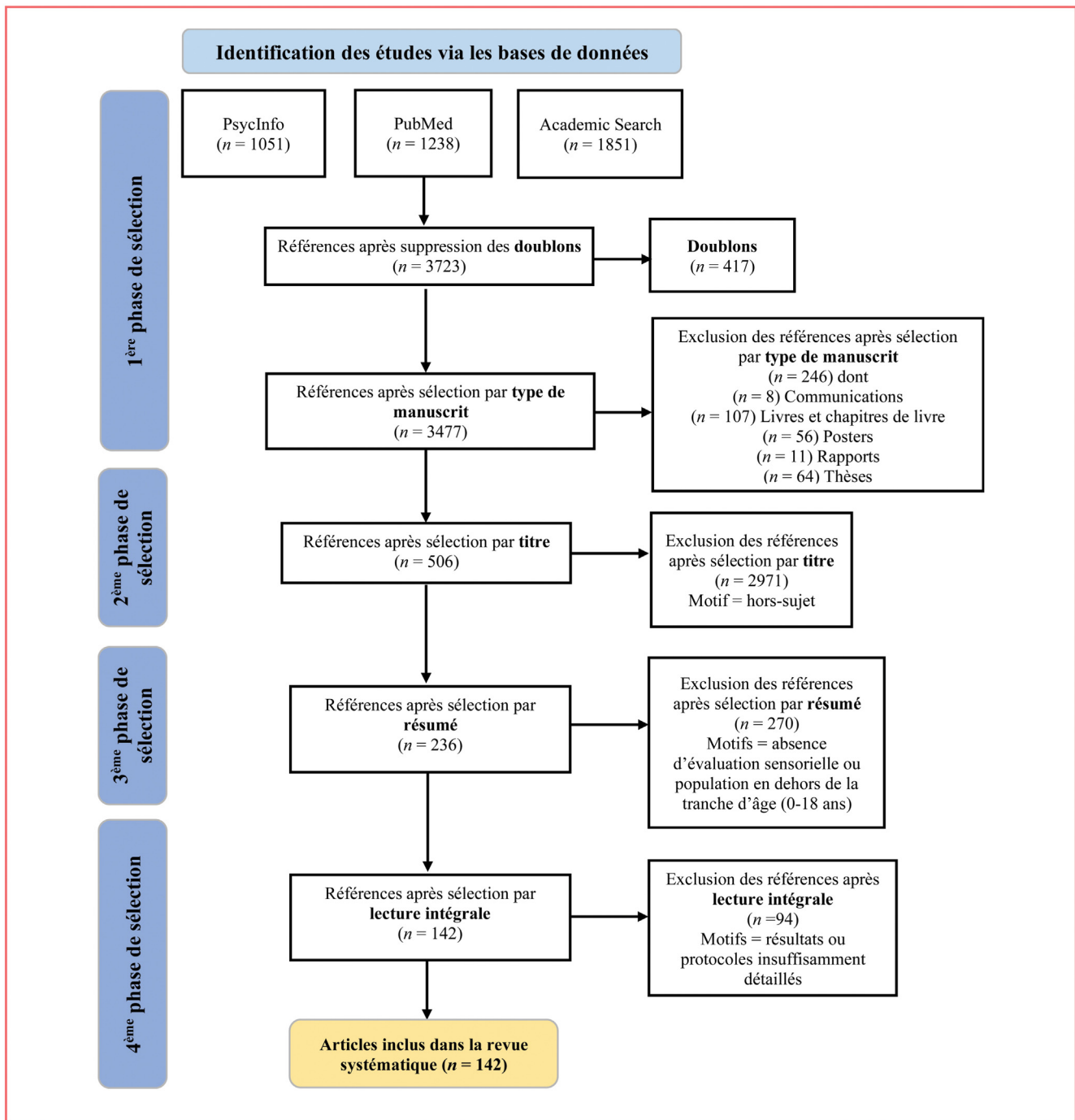


Fig. 1. Diagramme Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

Un total de 4,140 articles a été identifié à partir des trois bases de données, dont 417 étaient des doublons. Parmi les 3,723 articles récupérés, nous avons exclu 8 communications de conférence, 107 livres et chapitres de livres, 56 posters, 11 rapports et 64 thèses. Les articles restants ($n = 3,477$) ont été triés par titre, dont 2,971 ont été considérés hors sujet. Parmi les 506 articles restants, 270 ont été exclus sur la base du résumé pour deux raisons : absence d'évaluation sensorielle et population en dehors de la tranche d'âge (0–18 ans). Finalement, 94 articles ont été exclus après la lecture de l'article entier pour des raisons méthodologiques (résultats ou protocoles insuffisamment détaillés). La sélection finale pour la revue systématique était de 142 articles.

Pour l'analyse des résultats, nous avons suivi la méthode de Petticrew et Roberts [21] : organiser les études en catégories logiques, analyser chaque étude en produisant une description narrative des résultats et résumer les résultats des études. D'un autre côté, les qualités psychométriques des échelles ont été examinées avec l'approche COSMIN, en particulier avec la COSMIN Risk of Bias checklist [23–25]. 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 [23]. 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 la manière dont les items se regroupent entre

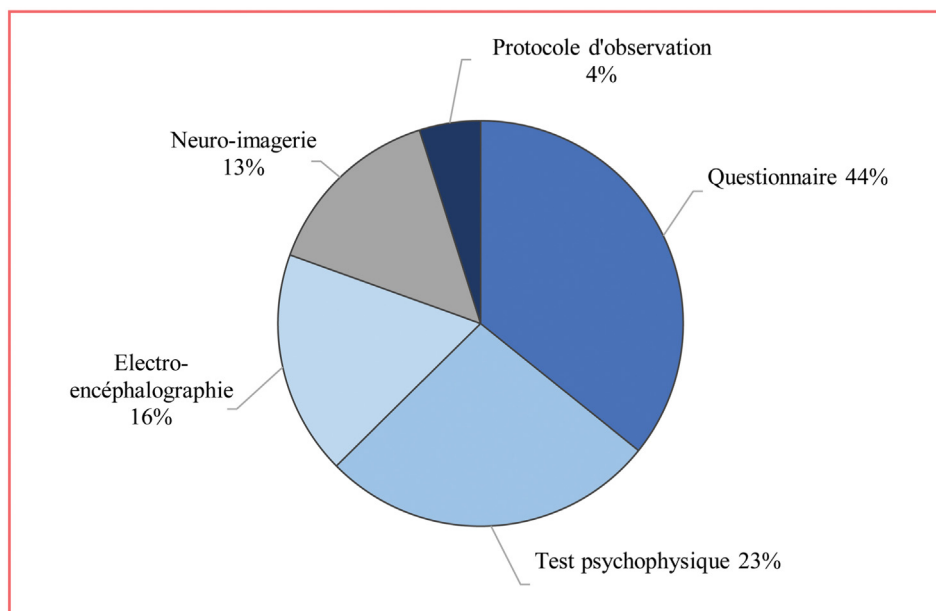


Fig. 2. Pourcentages d'études selon la méthode d'évaluation ($n = 142$).

eux pour mesurer les dimensions sous-jacentes du concept étudié. Enfin, les autres propriétés de mesure permettent d'examiner la qualité de l'échelle ou des sous-échelles de manière globale. L'ensemble de l'évaluation a été menée par (SB) en suivant les étapes détaillées dans le guide de recommandation COSMIN [25]. La fiabilité des qualités psychométriques des échelles a été évaluée sur une échelle de quatre points. L'approche *Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations* (GRADE) a été utilisée pour déterminer la qualité des preuves [26]. Une dernière section a été proposée concernant la faisabilité des échelles, qui permet de fournir des informations sur leur applicabilité dans la pratique clinique.

3. Résultats

3.1. 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 pour 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 (Fig. 2) : questionnaire (44 % ; $n = 63$), test psychophysique (23 % ; $n = 33$), électroencéphalographie (16 % ; $n = 22$), neuro-imagerie (13 % ; $n = 18$) et protocole d'observation (4 % ; $n = 6$). 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 % ; $n = 5$), ou 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 ; et l'évaluation de tous les sens, mais indépendamment, 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 ($n = 69$).

Pour fournir des recommandations aux cliniciens et chercheurs, les sections suivantes détaillent les méthodes utilisées dans les articles, selon leur affiliation à deux domaines : clinique et recherche.

3.2. Évaluation 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'évaluations 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.

3.2.1. Questionnaires ($n = 63$ articles)

Les questionnaires présentent principalement des éléments qui se concentrent sur les observations comportementales du traitement sensoriel 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 dans le Tableau 1. Dans ce tableau, les articles de validation pour chaque questionnaire et leurs versions respectives ont été référencés.

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) [27,28] ($n = 23$), suivi par la version longue du Sensory Profile (SP) [28–30] ($n = 16$). Deux versions ultérieures ont été conçues en prêtant une attention particulière aux âges des enfants : une pour les jeunes enfants (0–3 ans) l'Infant/Toddler Sensory Profile (ITSP) [31] ($n = 4$), et une pour les adolescents/adultes (11 ans et plus) l'Adolescent and Adult Sensory Profile (AASP) [32] ($n = 1$).

Tableau 1
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 (années) Fille:Garçon
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 et Oetter, 1991 ; Pratt et Allen, 1989 ; Royeen et Fortune, 1990)	Hétéroquestionnaire	64 enfants avec développement typique 3–10 20:44
Dunn et 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 et Oetter, 1991 ; Pratt et Allen, 1989 ; Royeen et 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 et al., 1999	Sensoriel (7) : tactile, goût/odorat, mouvement, hyperactivité/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 hyperactivité ; aspect social (Baranek et al., 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

Tableau 1 (Continued)

Questionnaires (Auteurs/années)	Catégories/sous-catégories	Âge (années)	Échelle/nombre d'items	Théories	Mode d'administration	Population de validation Population Tranche d'âge (années) Fille:Garçon
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	Hétéroquestionnaire	Ausdureau et al., 2014 ^a 1407 enfants avec TSA 2–12
Infant/Toddler Sensory Profile (ITSP) Dunn et 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), planification 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 et 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 ^b	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 ^b	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 ^b	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

Tableau 1 (Continued)

Questionnaires (Auteurs/années)	Catégories/sous-catégories	Âge (années)	Échelle/nombre d'items	Théories	Mode d'administration	Population de validation Population Tranche d'âge (années) Fille:Garçon
Auditory Behavior Questionnaire (ABQ) Dunning, 2003	Non spécifié ^b	721	5-points/60	Non spécifié ^b	Hétéroquestionnaire	Eghelhoff et Lane, 2013 ^a 165 enfants dont : – 74 autisme ou TSA – 55 syndrome d'Asperger – 36 trouble envahissant du développement 7–21
Sense and Self-regulation checklist (SSC) Silva et 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 et al., 2011)	Hétéroquestionnaire	265 enfants dont : – 99 TSA – 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 ^b	Hétéroquestionnaire	Neil et al., 2017 ^a 136 enfants dont : – 66 autistes – 70 développement typique 6–18
Échelle 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 ^b	Hétéroquestionnaire	111 enfants dont : – 70 autistes – 5 syndrome d'Asperger – 36 trouble envahissant du développement non spécifié 2–12 18:93

TSA : trouble du spectre de l'autisme.

^a Référence à l'article de validation si différent des créateurs de l'outil.^b Pas d'information dans l'article original.

Les autres questionnaires, dont la fréquence d'utilisation était inférieure à 30 %, ont été regroupés dans cette section et classés par ordre décroissant d'occurrence :

- le Sensory Experiences Questionnaire (SEQ/SEQ-3) [33,34] était le deuxième questionnaire le plus représenté dans cette revue ($n=5$) ;
- plusieurs articles ont également décrit l'utilisation d'une méthode combinée consistant en quatre questionnaires ($n=4$). Les quatre mesures sensorielles incluaient : le Sensory Experiences Questionnaire (SEQ) ; le Sensory Profile (SP), le Sensory Processing Assessment for Young Children (SPA) [35], et le Tactile Defensiveness and Discrimination Test – Revised (TDDT/TDDT-R) [36,37] ;
- le Sensory Processing Scale Inventory (SP Scale Inventory) [38] et le Sensory Over-Responsivity Scale Inventory (SenSOR) [39] ont été tous les deux développés par Schoen. Dans cette revue, le SP Scale Inventory était référencé dans quatre études, tandis que le SenSOR était mentionné dans une seule étude ;
- le Sensory Processing Measure (SPM) développé par Parham et al. [40] a été utilisé dans deux études ;
- d'autres questionnaires, qui comprenaient le Behavioral Observation on Sensory Stimuli Questionnaire for Parents (BOSS-P) [41], l'Auditory Behavior Questionnaire (ABQ) [42], le Sense and Self-regulation Checklist (SSC) [43], le Sensory Behavior Questionnaire (SBQ) [44] et l'Échelle des Particularités Sensori-motrices dans l'Autisme (EPSA) [45] ne représentaient que sept études de l'échantillon.

Les douze échelles identifiées à l'exception de deux (ITSP et AASP) ont été validées sur une population autiste (Tableau 1). Les questionnaires pour les enfants de moins de six ans comprenaient l'ITSP, le SEQ, le SSC et l'EPSA. L'AASP était réservé aux adolescents âgés de 11 ans et plus. Les autres questionnaires pouvaient couvrir des tranches d'âge plus large, dont certains incluant une population adulte (SP Scale Inventory et SenSOR).

Tous les questionnaires utilisaient des échelles de Likert et proposaient un mode d'administration par hétéroquestionnaire, rempli par le soignant ou un professionnel, à l'exception de l'AASP qui pouvait être rempli comme un auto-questionnaire. Le nombre total d'items variait de 21 à 160. L'ensemble des questionnaires évaluaient plusieurs modalités sensorielles, à l'exception de l'ABQ, qui était le seul questionnaire qui se concentrait sur l'évaluation de l'audition.

Trois grandes catégories ont été identifiées selon les dimensions explorées dans les questionnaires. Dans la série des questionnaires de Dunn, les comportements sensoriels étaient classés en quatre catégories formant un quadrant : faible enregistrement, recherche de sensation, sensibilité aux stimuli et évitement de sensation. Ces catégories ont été développées à partir de la théorie de Dunn sur les seuils neurologiques et les réponses comportementales et représentaient la relation sur un continuum de ces deux dimensions. En contraste, le SEQ catégorisait la fréquence des expériences sensorielles comme hypo-sociale, hypo-nonsociale, hyper-sociale et hyper-nonsociale. Les deux dimensions considérées étaient l'étendue des seuils de détection (hyper- ou hyporéactif) et le contexte social de la fréquence des réactions sensorielles. La troisième catégorie de questionnaire (SP Scale Inventory, SenSOR et BOSS-P) fournissait une collection de comportements sensoriels basés sur trois catégories : hypersensibilité sensorielle (*sensory overresponsivity* [SOR]), sous-réactivité sensorielle (*sensory underresponsivity* [SUR]) et recherche sensorielle (*sensory craving* [SC]).

3.2.1.1. Validité de contenu. Le Tableau 2 synthétise l'évaluation de la validité de contenu des questionnaires selon COSMIN, classés par ordre descendant de notation. Le SEQ et le SenSOR ont pré-

senté une validité de contenu élevée. 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, 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 un niveau de preuve faible, mais certaines informations telles que l'adéquation, sont manquantes à l'analyse.

3.2.1.2. Structure interne. L'évaluation psychométrique de la structure interne de chaque échelle est rapportée dans le Tableau 3. 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. 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 la 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 la mesure de l'invariance est apparue faible pour l'ensemble des échelles hormis le SEQ-3.

3.2.1.3. 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 (Tableau 3). 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.

3.2.1.4. 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 (Tableau 4). 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 habilités, 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.

3.2.2. 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 le traitement sensoriel relié aux comportements. Trois dispositifs/outils ont été

Bibliographie 2 Vision.

Évaluation de la validité de contenu des douze échelles selon les recommandations COSMIN [25].

Échelles	Adéquation		Exhaustivité		Compréhension		Validité de contenu	
	Notation ^a	Niveau de preuve ^b	Notation ^a	Niveau de preuve ^b	Notation ^a	Niveau de preuve ^b	Notation ^a	Niveau de preuve ^b
SenSOR	+	Élevé	+	Élevé	+	Modéré	+	Élevé
SP Scale Inventory	+	Élevé	+	Élevé	+	Modéré	+	Élevé
SPM	+	Modéré	+	Modéré	+	Faible	+	Modéré
SEQ	±	Modéré	+	Modéré	+	Élevé	±	Élevé
SEQ-3	±	Modéré	+	Modéré	+	Élevé	±	Élevé
ITSP	±	Faible	±	Modéré	+	Modéré	±	Modéré
SSC	±	Faible	–	Faible	+	Modéré	–	Modéré
SP-2	±	Faible	±	Modéré	+	Faible	±	Modéré
SSP-2	±	Faible	±	Modéré	+	Faible	±	Modéré
AASP	±	Faible	±	Modéré	+	Faible	±	Faible
SSP	±	Très faible	±	Faible	+	Faible	±	Faible
SP	–	Très faible	±	Faible	+	Faible	–	Faible
EPSA	?	NA	±	Faible	+	Faible	±	NA
ABQ	–	Modéré	±	Modéré	+	Modéré	–	Modéré
SBQ	–	Faible	±	Faible	+	Faible	±	Faible
BOSS-P	–	Très faible	–	Faible	+	Faible	–	Faible

NA : non applicable.

^a Notation = suffisant (+), insuffisant (–), indéterminé (?), inconsistant (±).^b Niveau de preuve (notation basée sur l'approche GRADE, <https://www.gradeworkinggroup.org/>) = élevé, modéré, faible, très faible.

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 vidéos de jeunes enfants autistes. Ce dispositif permettait que le comportement soit analysé de façon rétrospective [46].

Les observations semi-structurées regroupaient deux outils standardisés : Sensory Processing Assessment for Young Children (SPA) et Sensory Processing Scale Assessment (SPS) [47–50]. 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 structuré. 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) [51]. Cet outil était une observation administrée par un clinicien complétée par un entretien avec la famille pour identifier les symptômes sensoriels sur la base du critère du DSM-5.

3.3. Évaluation dans le domaine de la recherche

Les méthodes de recherche concernent une triade d'outils exploratoires, 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. Les tests psychophysiques ont été utilisés en psychologie expérimentale depuis la fin du 19^e siècle. Leur avantage est de pouvoir fournir des mesures physiologiques directes et indirectes de la perception d'événements sensoriels. Cette section décrit ces techniques et leur protocole expérimental associé. 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.

3.3.1. 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 précision 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 [52,53]. Ce protocole proposait une évaluation standardisée par une mesure de la réactivité électrodermale et de la fréquence cardiaque, 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) [54–57]. La revue a permis d'identifier trois tâches principales :

- *temporal order judgement task* (TOJ) correspondait à une mesure de l'habileté 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) [58–68] et l'audition (n = 5,5) [69–74]. Le sens de l'odorat a été étudié dans cinq études [75–79], suivi par le toucher (n = 3,5) [80–83], et le goût (n = 1) [84].

Tableau 3
Synthèse des propriétés psychométriques des douze échelles selon les recommandations COSMIN [24].

Échelles	Référence étude	Structure interne			
		Validité structurelle	Consistance interne		Validité interculturelle
			Qualité méthodologique ^a	Qualité méthodologique ^a	
SPM (<i>home form</i>)	Parham et al., 2007	A	V	0,85	I
BOSS-P	Barrios-Fernandéz et al., 2020	V	D	0,87	D
SP-2	Dunn, 2014	I	V	0,60–0,90	I
SSP-2	Dunn, 2014	I	V	0,79–0,93	I
EPSA	Le Menn-Tripi et al., 2019	I	V	0,80–0,81	I
SenSO _r	Schoen et al., 2008	A	V	0,97	I
SP Scale Inventory	Schoen et al., 2017	A	V	0,93	A
SSC	Silva et Schalock, 2012	I	V	0,87–0,89	I
SEQ-3	Ausderau et al., 2014	V	NA	NA	V
ITSP	Dunn et Daniels, 2002	A	V	0,75	D
AASP	Brown et al., 2001	D	V	0,64–0,77	I
SBQ	Neil et al., 2017	I	V	0,97	I
SSP	McIntosh et al., 1999	I	V	0,82–0,89	I
SEQ	Baranek, 2006	I	V	0,80	I
ABQ	Egelhoff et Lane, 2013	I	D	0,94	D
SP	Dunn, 1994	I	NA	NA	I
	Dunn et Westman 1997	I	NA	NA	I
	Dunn et Brown, 1997	I	NA	NA	I
	Ermer et Dunn, 1998	I	NA	NA	I

Échelles	Propriétés de mesure					
	Fiabilité		Erreur de mesure	Validité de critère	Test d'hypothèse pour la validité de construction	
	Qualité méthodologique ^a	Résultat (CCI)			Validité convergente	Validité des groupes
SPM (<i>home form</i>)	D	0,97	A	V	A	V
BOSS-P	NA	NA	NA	V	V	A
SP-2	D	0,87–0,97	D	V	A	A
SSP-2	D	0,93–0,97	D	V	A	A
EPSA	NA	NA	NA	V	V	V
SenSO _r	NA	NA	NA	NA	V	A
SP Scale Inventory	NA	NA	NA	NA	NA	A
SSC	D	NA	NA	NA	V	A
SEQ-3	NA	NA	NA	NA	NA	A
ITSP	D	0,86	NA	I	I	D
AASP	I	NA	NA	V	I	D
SBQ	NA	NA	NA	I	V	A
SSP	I	NA	NA	NA	I	D
SEQ	D	0,81	NA	NA	NA	NA
ABQ	NA	NA	NA	V	I	A
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

CCI : coefficient de corrélation intraclasse.

^a Échelle de notation des qualités méthodologiques selon l'approche COSMIN : (V) *very good*, (A) *adequate*, (D) *doubtful*, (I) *inadequate* ou (NA) non applicable.

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) [85,86]. 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 [87]. 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. 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.

3.3.1.2. Audition. Le *Differential Screening Test for Processing* (DSTP) fournissait trois tâches distinctes pour évaluer les capacités auditives d'un individu [88]. Celles-ci incluaient l'écoute dichotique pour reconnaître des nombres présentés simultanément, le mode-lage 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 [89] 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.

Tableau 4
Synthèse des critères d'application/utilisation des outils.

Critères	SP	SP-2/SSP-2	SSP	SEQ	SEQ-3	ITSP	SPM (home form)	AASP	SenSO	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'habileté 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 95 euros (home form) ; 95 euros (main classroom)	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 abrégé : 567 euros	50 questionnaires version abrégée : 48 euros	Non payant	Non payant	Non disponible		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.

La *pitch direction task* visait à évaluer la perception auditive à un niveau élémentaire. 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.

3.3.1.3. Odorat. Le Sniffin'Sticks test utilisait un design standardisé pour évaluer la sensibilité olfactive en présentant des bâtonnets avec différents parfums [90]. 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) [91].

3.3.1.4. Toucher. Le Touch-test sensory evaluators [92] 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.

Le Two-point discrimination test [93] généralement utilisé lors des examens neurologiques cliniques, évaluait la sensibilité du système nerveux périphérique pour discriminer deux stimuli tactiles proches sur la peau. Ces stimulations étaient généralement administrées sur le pied ou la main de l'individu.

3.3.1.5. 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 étaient appliqués sur la langue via des électrodes pour déterminer le seuil de détection nécessaire à la perception du goût.

3.3.2. 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. Cette technique est utilisée pour identifier les variations ou les anomalies dans le traitement des informations sensorielles par le système nerveux.

Dans le domaine de la recherche, cette méthode d'évaluation est souvent combinée avec des tâches expérimentales pour évaluer 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 [94–99] et l'autre moitié sur la perception de sons simples [100–105]. Quatre études supplémentaires ont exploré la modalité visuelle [106–109] et une la modalité tactile [110]. Cinq études ont examiné les évaluations multisensorielles, avec quatre se concentrant sur la modalité audiovisuelle [111–114] et une sur l'intégration audito-somato-sensorielle [115].

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) [116,117]. MMN est un potentiel évoqué lié à un événement (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 [118] et *steady-state visually evoked potential* (SSVEP), qui analysait les potentiels évoqués en réponse à des stimuli visuels périodiques et répétitifs [119].

La seule étude se concentrant sur la modalité tactile a examiné la relation entre l'hyper- et l'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 simultanés chez des enfants autistes en comparaison d'un groupe témoin. Cependant, aucun protocole spécifique n'a été identifié pour ces études.

3.3.3. 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, apaisant dans 12 études. Quatre principaux protocoles de test ont été utilisés :

- *oddball paradigm* [120–123] (voir détails dans la section des tests psychophysiques) ;
- tâche d'écoute de son simple [81,124–127], 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 [128,129] ;
- 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 [130].

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

- *embedded figure task* (EFT) [131] 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 [132] (voir section test psychophysique).

Les deux dernières études sur la vision ont utilisé des tâches expérimentales distinctes conçues spécifiquement pour leur étude [133,134]. Aucune méthode de référence n'a été trouvée pour les études sur l'intégration multisensorielle [135,136].

4. Discussion

L'objectif principal de cette étude était de réaliser une revue systématique des méthodes d'évaluation sensorielle chez les enfants et adolescents diagnostiqués avec autisme dans les études publiées au cours des 31 dernières années (1991–2022). Cinq méthodes d'évaluation ont été identifiées pour évaluer le traitement sensoriel chez les enfants et adolescents autistes. Presque la moitié des 142 études incluses dans l'analyse ont utilisé des questionnaires (44 %) et ensuite, par ordre décroissant, des tests psychophysiques

(23 %), la neuro-imagerie (16 %), l'électroencéphalographie (13 %) et des protocoles d'observation (4 %). Ces cinq méthodes ont été catégorisées en deux domaines distincts : clinique et recherche. Dans cette section, nous comparerons les avantages et limites des méthodes dans chaque domaine. Ensuite, nous formulerons des recommandations possibles basées sur cette synthèse.

4.1. Domaine clinique

Tous les questionnaires (à l'exception de l'AASP) étaient des hétéroquestionnaires complétés par les proches. Parmi les douze outils identifiés, les questionnaires de Dunn étaient les plus fréquemment utilisés (70 %). Cette échelle a été la première à fournir une évaluation standardisée du profil sensoriel global des personnes autistes. Cependant, la construction initiale de ces questionnaires n'était pas destinée à une population autiste. Parmi les dix questionnaires suivants, cinq ne précisent pas la base théorique pour le développement de leur questionnaire (SenSOR, SP Scale Inventory, ABQ, SBQ et EPSA). Les autres questionnaires sont basés sur deux théories prédominantes : l'intégration sensorielle [17] et les seuils neurologiques et réponses comportementales [18]. Les catégories communes pour classer les comportements sensoriels sont l'hyperréactivité, l'hyporéactivité et la recherche de sensation. Dans cet article, les théories sous-jacentes au traitement sensoriel ne seront pas détaillées davantage, car elles nécessitent d'être étudiées dans un projet à part entière afin d'être exhaustif.

La méthode d'évaluation observationnelle était la moins représentée dans cette revue. Trois outils ont été identifiés, incluant l'évaluation par vidéo, l'observation semi-structurée et l'observation par un clinicien.

Parmi ces 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 dans le traitement sensoriel au fil du 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 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 (odorat, vestibulaire, proprioception, thermoception) 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. Selon les outils, ces catégories peuvent offrir une cible très différente pour l'observation. Pour évaluer l'hypersensibilité à la lumière, le SP suggère « Est dérangé par les lumières vives après que les autres se sont adaptés à la lumière », tandis que le BOSS-P propose « Il/elle devient agité en présence de sources de lumières très vives ». Dans cet exemple, la phrase ne distingue pas le type de lumière ou le contraste et l'un introduit un facteur de comparaison sociale, tandis que l'autre se concentre sur le traitement interne de l'enfant. Cela montre l'hétérogénéité des mesures, même lorsqu'elles sont regroupées sous la même catégorie et souligne le manque de consensus sur la définition et la caractérisation du traitement sensoriel. 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 [137]. 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, et de plus, il existe une variabilité notable entre les observateurs.

Bien que le bilan sensori-moteur d'André Bullinger® ne figure pas dans la sélection des articles retenus pour cette revue, il apparaît nécessaire de le citer en raison de son usage fréquent dans la pratique clinique du traitement sensoriel en France [138]. Sa dimension écologique permet aux cliniciens d'obtenir des informations détaillées sur le fonctionnement sensori-moteur de leurs patients, facilitant l'élaboration de projets personnalisés. Il s'apparente à la catégorie des méthodes d'observation.

4.2. Domaine de la recherche

Le test psychophysique était la méthode la plus utilisée après les questionnaires. Ce test a l'avantage de fournir des mesures directes, limitant les biais d'interprétation. L'objectif est d'identifier une relation entre la réponse physiologique et le processus cognitif associé [139]. De plus, les individus peuvent être exposés à des variétés de stimuli via des protocoles ciblés et contrôlés ou à travers une exposition à des situations écologiques. Néanmoins, les données obtenues avec ce type de méthode présentent la contrainte de la variabilité des réponses interindividuelles. Les indices physiologiques peuvent être influencés par des facteurs individuels, rendant difficiles la comparaison et l'interprétation des résultats [140].

Concernant l'électroencéphalographie et la neuro-imagerie, ces deux méthodes étaient les moins représentées dans les études. Ce type d'exploration est très précis pour identifier les processus sous-jacents au traitement sensoriel. Néanmoins, les évaluations sont hyper-localisées à des sous-fonctions d'une modalité sensorielle (par exemple, pour la vision : luminosité, perception du mouvement, contraste). Cela limite la possibilité d'obtenir une vue d'ensemble du traitement sensoriel dans l'autisme. De plus, la diversité des protocoles rend difficile la synthèse des études réalisées sur ce sujet. D'autres limitations dans l'utilisation de ces méthodes incluent leur coût, leur caractère invasif et leur durée.

Dans notre revue, nous avons noté les avantages de l'utilisation de ces trois méthodes d'évaluation en recherche. D'une part, les chercheurs peuvent obtenir des mesures quantitatives du traitement sensoriel d'un individu. D'autre part, les résultats contribuent à améliorer notre compréhension des processus sous-jacents au traitement sensoriel 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 de recherche sur l'autisme [141]. 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. Les tâches expérimentales présentées dans ces protocoles se concentrent souvent uniquement sur un seul composant du traitement des stimuli. 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 reçu moins d'attention 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.

4.3. Évaluation combinée/unisensorielle vs multisensorielle

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

L'évaluation combinée était sous-représentée dans notre revue (23 %). Pourtant cette méthode est recommandée par la pratique fondée sur les preuves [142]. Une méta-analyse examinant la validité de l'approche multi-informateurs lors des évaluations chez les enfants et l'adolescents a démontré l'utilité de cette approche due à la variabilité des symptômes en fonction du contexte et aux biais individuels qui peuvent survenir [143]. Sa généralisation permettrait de consolider les évaluations en limitant les biais induits par l'utilisation d'une seule méthode. Le recoupement des résultats avec deux méthodes ou plus permettrait de vérifier leur cohérence concernant le traitement sensoriel de l'enfant. De plus, les méthodes fournissent des informations sur des domaines distincts du traitement sensoriel (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 ou conceptuelles.

4.4. Recommandations

Pour les méthodes cliniques, le nombre d'échelles recommandées pour la pratique est restreint en termes d'accessibilité linguistique. Parmi les échelles disponibles en français, celles de Dunn (SP, SSP, SP-2, SSP-2, ITSP, AASP) sont les plus couramment utilisées. Cependant, sur le plan psychométrique, elles montrent des niveaux de preuves faibles, ce qui nous amène à concevoir que leur utilisation pour une population autiste pourrait être inadéquate. Plus récemment, une évaluation quantitative, l'évaluation sensori-psychomotrice de l'autisme (EPSA) a été développée par Le Menn-Trippi et al. [45]. Cet outil, accessible au public francophone, se concentre spécifiquement sur les atypies de la perception sensorielle chez les enfants autistes, mais présente une validité de contenu relativement faible. En revanche, le SenSOR/SP Scale Inventory et le SEQ/SEQ-3 sont deux échelles ayant démontré des

propriétés de mesures valides et fiables, adapté à une population autiste. Ces échelles nécessiteraient d'être traduites et validées en français pour permettre leur utilisation par les cliniciens. Les méthodes d'observations quant à elles nécessiteraient d'être standardisées et adaptées en français.

Concernant les méthodes de recherches, les outils décrits n'ont pas encore démontré leurs preuves quant à leur capacité à discriminer efficacement les atypies sensorielles, ce qui implique la nécessité de mener des investigations supplémentaires. La recommandation de pratique reste principalement limitée en raison du problème de consensus sur la définition du traitement sensoriel [4,19]. Ainsi, l'élaboration d'un consensus sur l'évaluation doit se faire à plusieurs niveaux : parvenir à un consensus sur les termes ; accroître le niveau d'exploration multisensorielle ; promouvoir un modèle commun grâce à la recherche expérimentale ; standardiser les expériences.

4.5. Limitations

Cette revue systématique présente plusieurs limites. Notre stratégie de recherche nous a amenées à inclure des articles provenant de trois bases de données spécialisées. Il est possible que des articles sur le thème n'aient pas été inclus, car ils étaient référencés dans d'autres bases de données. Le choix de ne pas passer en revue la littérature grise dans cet article ne nous permet pas de conclure avec certitude l'absence de recommandation en matière d'utilisation des outils en clinique. La revue n'a pas fait l'objet d'un enregistrement sur la base de données internationale des revues systématiques (PROSPERO). Enfin, l'évaluation des échelles avec la méthode COSMIN a été effectuée par un seul évaluateur.

5. Conclusion

Cette revue systématique, qui a identifié les différentes méthodes d'évaluations et leurs avantages et inconvénients, a également mis en évidence le manque de normalisation dans la terminologie du traitement sensoriel dans l'autisme. Cette constatation révèle que malgré les études menées sur ce sujet depuis trente ans, l'absence d'un modèle commun entrave les progrès dans la compréhension des processus sous-jacents, ainsi que leur évaluation systématique, tant dans le contexte clinique que de recherche. En conclusion, ce travail souligne la nécessité de développer un modèle commun du traitement sensoriel dans l'autisme, ce qui améliorerait l'évaluation de cette dimension, essentielle pour faire avancer la compréhension de l'autisme.

Contributions des auteurs

S.B. a réalisé et rédigé la revue systématique. F.C., N.R. et S.B. ont effectué les révisions et corrections du manuscrit.

Remerciements

Nous adressons nos remerciements aux documentalistes du service commun de la documentation de l'Université Paris Nanterre pour leur aide dans nos recherches dans les bases de données, ainsi qu'à Nora Khich et Camille Kaczmarek pour leurs relectures.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Kanner L. Autistic disturbances of affective contact. *Nerv Child* 1943;2:217–50.

- [2] American Psychiatric Association. In: *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. Fifth Edition Arlington, VA: American Psychiatric Publishing; 2013 <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>.
- [3] Robertson CE, Baron-Cohen S. Sensory perception in autism. *Nat Rev Neurosci* 2017;18:671–84, <http://dx.doi.org/10.1038/nrn.2017.112>.
- [4] Schauder KB, Bennetto L. Toward an interdisciplinary understanding of sensory dysfunction in autism spectrum disorder: an integration of the neural and symptom literatures. *Front Neurosci* 2016;10:30–47, <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2016.00268>.
- [5] Marco EJ, Hinkley LBN, Hill SS, Nagarajan SS. Sensory processing in autism: a review of neurophysiological findings. *Pediatr Res* 2011;69:48R–54R, <http://dx.doi.org/10.1203/PDR.0b013e3182130c54>.
- [6] DuBois D, Lymer E, Gibson BE, Desarkar P, Nalder E. Assessing Sensory Processing Dysfunction in Adults and Adolescents with Autism Spectrum Disorder: A Scoping Review. *Brain Sci* 2017;7 <https://doi.org/10.3390/brainsci7080108>.
- [7] Fuentes J, Hervás A, Howlin P, ESCAP ASD Working Party. ESCAP practice guidance for autism: a summary of evidence-based recommendations for diagnosis and treatment. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2021;30:961–84, <http://dx.doi.org/10.1007/s00787-020-01587-4>.
- [8] Hyman SL, Levy SE, Myers SM, Council on children with disabilities, section on developmental and behavioral pediatrics, Kuo DZ, Apkon S, et al. Identification, evaluation, and management of children with autism spectrum disorder. *Pediatrics* 2020;145, <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2019-3447> [e20193447].
- [9] National Health Society. *Assessment, diagnosis and clinical interventions for children and young people with autism spectrum disorders: a national clinical guideline*; 2007.
- [10] Volkmar F, Siegel M, Woodbury-Smith M, King B, McCracken J, State M. Practice parameter for the assessment and treatment of children and adolescents with autism spectrum disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2014;53:237–57, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaac.2013.10.013>.
- [11] Burns CO, Dixon DR, Novack M, Granpeesheh D. A systematic review of assessments for sensory processing abnormalities in autism spectrum disorder. *Rev J Autism Dev Disord* 2017;4:209–24, <http://dx.doi.org/10.1007/s40489-017-0109-1>.
- [12] Gunderson J, Worthley E, Byiers B, Symons F, Wolff J. Self and caregiver report measurement of sensory features in autism spectrum disorder: a systematic review of psychometric properties. *J Neurodev Disord* 2023;15:5, <http://dx.doi.org/10.1186/s11689-022-09473-7>.
- [13] Jorquera-Cabrera S, Romero-Ayuso D, Rodriguez-Gil G, Triviño-Juárez J-M. Assessment of sensory processing characteristics in children between 3 and 11 years old: a systematic review. *Front Pediatr* 2017;5:57, <http://dx.doi.org/10.3389/fped.2017.00057>.
- [14] Passarello N, Tarantino V, Chirico A, Menghini D, Costanzo F, Sorrentino P, et al. Sensory processing disorders in children and adolescents: taking stock of assessment and novel therapeutic tools. *Brain Sci* 2022;12:1478, <http://dx.doi.org/10.3390/brainsci12111478>.
- [15] Yeung LHJ, Thomacos N. Assessments of sensory processing in infants and children with autism spectrum disorder between 0–12 years old: a scoping review. *Res Autism Spectr Disord* 2020;72:101517, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101517>.
- [16] Soler N, Cordier R, Perkes IE, Dale RC, Bray P. Proxy-reported sensory measures for children and adolescents with neurodevelopmental disorders: a systematic review. *Dev Med Child Neurol* 2023;65:185–99, <http://dx.doi.org/10.1111/dmcn.2020.15367>.
- [17] Ayres AJ. *Sensory integration and learning disorders*. Los Angeles: Western Psychological Services; 1972.
- [18] Dunn W. The impact of sensory processing abilities on the daily lives of young children and their families: a conceptual model. *Infants Young Child* 1997;9:23–35, <http://dx.doi.org/10.1097/00001163-199704000-00005>.
- [19] Cascio CJ, Woynaroski T, Baranek GT, Wallace MT. Toward an interdisciplinary approach to understanding sensory function in autism spectrum disorder: toward an interdisciplinary approach. *Autism Res* 2016;9:920–5, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1612>.
- [20] Littell JH, Corcoran J, Pillai VK. *Systematic reviews and meta-analysis*. Oxford: Oxford University Press; 2008.
- [21] Petticrew M, Roberts H. In: *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*, 1st ed. Padstow, Cornwall: Wiley; 2006 <https://doi.org/10.1002/9780470754887>.
- [22] Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Syst Rev* 2021;10:89, <http://dx.doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>.
- [23] Prinsen CAC, Mokkink LB, Bouter LM, Alonso J, Patrick DL, De Vet HCW, et al. COSMIN guideline for systematic reviews of patient-reported outcome measures. *Qual Life Res* 2018;27:1147–57, <http://dx.doi.org/10.1007/s11136-018-1798-3>.
- [24] Mokkink LB, de Vet HCW, Prinsen CAC, Patrick DL, Alonso J, Bouter LM, et al. COSMIN risk of bias checklist for systematic reviews of patient-reported outcome measures. *Qual Life Res* 2018;27:1171–9, <http://dx.doi.org/10.1007/s11136-017-1765-4>.
- [25] Terwee CB, Prinsen CAC, Chiarotto A, Westerman MJ, Patrick DL, Alonso J, et al. COSMIN methodology for evaluating the content validity of patient-reported outcome measures: a Delphi study. *Qual Life Res* 2018;27:1159–70, <http://dx.doi.org/10.1007/s11136-018-1829-0>.
- [26] Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ* 2008;336:924–6, <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.AD>.
- [27] McIntosh DN, Miller LJ, Shyu V, Dunn W. Development and validation of the short sensory profile. *Sens. Profile Users Man. San Antonio, TX: Psychological Corporation*; 1999. p. 59–73.
- [28] Dunn W. In: *Sensory Profile 2: User's Manual*. San Antonio: Psychological Corporation; 2014.
- [29] Dunn W. Performance of typical children on the sensory profile: an item analysis. *Am J Occup Ther* 1994;48:967–74, <http://dx.doi.org/10.5014/ajot.48.11.967>.
- [30] Dunn W, Westman K. The sensory profile: the performance of a national sample of children without disabilities. *Am J Occup Ther* 1997;51:25–34, <http://dx.doi.org/10.5014/ajot.51.1.25>.
- [31] Dunn W, Daniels DB. Initial development of the infant/toddler sensory profile. *J Early Interv* 2002;25:27–41, <http://dx.doi.org/10.1177/105381510202500104>.
- [32] Brown C, Dunn W. *Adolescent/adult sensory profile*. San Antonio, TX: Psychological Corporation; 2002.
- [33] Baranek GT. In: *Sensory Experience Questionnaire (SEQ)*. Unpublished manuscript. NC: University of North Carolina, Chapel Hill; 1999.
- [34] Baranek GT, David FJ, Poe MD, Stone WL, Watson LR. Sensory Experiences Questionnaire: discriminating sensory features in young children with autism, developmental delays, and typical development: SEQ. *J Child Psychol Psychiatry* 2006;47:591–601, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2005.01546.x>.
- [35] Baranek GT. In: *Sensory Processing Assessment for Young Children (SPA)*. Unpublished manuscript. NC: University of North Carolina, Chapel Hill; 1999.
- [36] Baranek GT. *Tactile defensiveness and discrimination test – revised (TDDT-R)*; 2010 [Unpublished manuscript].
- [37] Baranek GT, Berkson G. Tactile defensiveness in children with developmental disabilities: responsiveness and habituation. *J Autism Dev Disord* 1994;24:457–71, <http://dx.doi.org/10.1007/BF02172128>.
- [38] Schoen SA, Miller LJ, Sullivan J. The development and psychometric properties of the Sensory Processing Scale Inventory: a report measure of sensory modulation. *J Intellect Dev Disabil* 2017;42:12–21, <http://dx.doi.org/10.3109/13668250.2016.1195490>.
- [39] Schoen SA, Miller LJ, Green KE. Pilot study of the sensory over-responsivity scales: assessment and inventory. *Am J Occup Ther* 2008;62:393–406, <http://dx.doi.org/10.5014/ajot.62.4.393>.
- [40] Parham LD, Ecker C, Miller-Kuahanek H, Henry DA, Glennon T. *Sensory processing measure (SPM) manual*. Western Psychological Services. Los Angeles West Psychol Serv 2007.
- [41] Barrios-Fernández S, Gozalo M, Díaz-González B, García-Gómez A. A complementary sensory tool for children with autism spectrum disorders. *Children* 2020;7:244, <http://dx.doi.org/10.3390/children7110244>.
- [42] Dunning K. In: *Development of a Questionnaire to Assess Behaviors in Children Diagnosed with Autism Spectrum Disorders*. Thesis. Ohio: Ohio State University; 2003.
- [43] Silva LMT, Schalock M. Sense and self-regulation checklist, a measure of comorbid autism symptoms: initial psychometric evidence. *Am J Occup Ther* 2012;66:177–86, <http://dx.doi.org/10.5014/ajot.2012.001578>.
- [44] Green D. *Sensory Behavior Questionnaire* (unpublished). London, UK: Guy's and St Thomas' NHS Foundation Trust; 2009.
- [45] Le Menn-Tripi C, Vachaud A, Defas N, Malvy J, Roux S, Bonnet-Brilhault F. L'évaluation sensori-psychomotrice dans l'autisme : un nouvel outil d'aide au diagnostic fonctionnel. *Encephale* 2019;45:312–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2018.12.003>.
- [46] Baranek GT. Autism during infancy: a retrospective video analysis of sensory-motor and social behaviors at 9–12 months of age. *J Autism Dev Disord* 1999;29:213–24, <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023080005650>.
- [47] Baranek GT, Boyd BA, Poe MD, David FJ, Watson LR. Hyperresponsive sensory patterns in young children with autism, developmental delay, and typical development. *Am J Ment Retard* 2007;112:233–45 [[https://doi.org/10.1352/0895-8017\(2007\)112\[233:HSPYIC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1352/0895-8017(2007)112[233:HSPYIC]2.0.CO;2)].
- [48] Baranek GT, Watson LR, Boyd BA, Poe MD, David FJ, McGuire L. Hyporesponsiveness to social and nonsocial sensory stimuli in children with autism, children with developmental delays, and typically developing children. *Dev Psychopathol* 2013;25:307–20, <http://dx.doi.org/10.1017/S0954579412001071>.
- [49] Kirby AV, Little LM, Schultz B, Baranek GT. Observational characterization of sensory interests, repetitions, and seeking behaviors. *Am J Occup Ther* 2015;69, <http://dx.doi.org/10.5014/ajot.2015.015081> [6903220010p1-9].
- [50] Tavassoli T, Bellesheim K, Siper PM, Wang AT, Halpern D, Gorenstein M, et al. Measuring sensory reactivity in autism spectrum disorder: application and simplification of a Clinician-Administered Sensory Observation Scale. *J Autism Dev Disord* 2016;46:287–93, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-015-2578-3>.
- [51] Siper PM, Kolevzon A, Wang AT, Buxbaum JD, Tavassoli T. A clinician-administered observation and corresponding caregiver interview capturing DSM-5 sensory reactivity symptoms in children with ASD: sensory assessment for neurodevelopmental disorders. *Autism Res* 2017;10:1133–40, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1750>.
- [52] Reynolds S, Lane SJ, Thacker L. Sensory processing, physiological stress, and sleep behaviors in children with and without

- autism spectrum disorders. *Occup Particp Health* 2012;32:246–57, <http://dx.doi.org/10.3928/15394492-20110513-02>.
- [53] Schoen SA. Physiological and behavioral differences in sensory processing: a comparison of children with autism spectrum disorder and sensory processing disorder. *Front Integr Neurosci* 2009;3, <http://dx.doi.org/10.3389/fneuro.07.029.2009>.
- [54] Feldman JI, Kuang W, Conrad JG, Tu A, Santapuram P, Simon DM, et al. Brief report: differences in multisensory integration covary with sensory responsiveness in children with and without autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord* 2019;49:397–403, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-018-3667-x>.
- [55] Kwakye LD, Foss-Feig JH, Cascio CJ, Stone WL, Wallace MT. Altered auditory and multisensory temporal processing in autism spectrum disorders. *Front Integr Neurosci* 2011;4, <http://dx.doi.org/10.3389/fnint.2010.00129>.
- [56] Stewart CR, Sanchez SS, Grenesko EL, Brown CM, Chen CP, Keehn B, et al. Sensory symptoms and processing of nonverbal auditory and visual stimuli in children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord* 2016;46:1590–601, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-015-2367-z>.
- [57] Taylor N, Isaac C, Milne E. A comparison of the development of audiovisual integration in children with autism spectrum disorders and typically developing children. *J Autism Dev Disord* 2010;40:1403–11, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-010-1000-4>.
- [58] Bertone A, Mottron L, Jelenic P, Faubert J. Motion perception in autism: a “complex” issue. *J Cogn Neurosci* 2003;15:218–25, <http://dx.doi.org/10.1162/089892903321208150>.
- [59] De Jonge MV, Kemner C, De Haan EH, Coppens JE, Van Den Berg TJTP, Van Engeland H. Visual information processing in high-functioning individuals with autism spectrum disorders and their parents. *Neuropsychology* 2007;21:65–73, <http://dx.doi.org/10.1037/0894-4105.21.1.65>.
- [60] Del Viva MM, Igliazzi R, Tancredi R, Brizzolara D. Spatial and motion integration in children with autism. *Vision Res* 2006;46:1242–52, <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2005.10.018>.
- [61] Foss-Feig JH, Tadin D, Schauder KB, Cascio CJ. A substantial and unexpected enhancement of motion perception in autism. *J Neurosci* 2013;33:8243–9, <http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1608-12.2013>.
- [62] Guy J, Mottron L, Berthiaume C, Bertone A. The developmental trajectory of contrast sensitivity in autism spectrum disorder. *Autism Res* 2016;9:866–78, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1579>.
- [63] Heaton TJ, Freeth M. Reduced visual exploration when viewing photographic scenes in individuals with autism spectrum disorder. *J Abnorm Psychol* 2016;125:399–411, <http://dx.doi.org/10.1037/abn0000145>.
- [64] Joseph RM, Keehn B, Connolly C, Wolfe JM, Horowitz TS. Why is visual search superior in autism spectrum disorder?: Visual search in ASD. *Dev Sci* 2009;12:1083–96, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00855.x>.
- [65] Milne E, Griffiths H, Buckley D, Scope A. Vision in children and adolescents with autistic spectrum disorder: evidence for reduced convergence. *J Autism Dev Disord* 2009;39:965–75, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-009-0705-8>.
- [66] Milne E, Scope A, Griffiths H, Codina C, Buckley D. Brief report: preliminary evidence of reduced sensitivity in the peripheral visual field of adolescents with autistic spectrum disorder. *J Autism Dev Disord* 2013;43:1976–82, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-012-1730-6>.
- [67] Spencer JV, O'Brien JMD. Visual form-processing deficits in autism. *Perception* 2006;35:1047–55, <http://dx.doi.org/10.1068/p5328>.
- [68] Takarae Y, Luna B, Minshew NJ, Sweeney JA. Patterns of visual sensory and sensorimotor abnormalities in autism vary in relation to history of early language delay. *J Int Neuropsychol Soc* 2008;14:980–9, <http://dx.doi.org/10.1017/S1355617708081277>.
- [69] Boets B, Verhoeven J, Wouters J, Steyaert J. Fragile spectral and temporal auditory processing in adolescents with autism spectrum disorder and early language delay. *J Autism Dev Disord* 2015;45:1845–57, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-014-2341-1>.
- [70] Chowdhury R, Sharda M, Foster NEV, Germain E, Tryfon A, Doyle-Thomas K, et al. Auditory pitch perception in autism spectrum disorder is associated with nonverbal abilities. *Perception* 2017;46:1298–320, <http://dx.doi.org/10.1177/0301006617718715>.
- [71] Demopoulos C, Brandes-Aitken AN, Desai SS, Hill SS, Antovich AD, Harris J, et al. Shared and divergent auditory and tactile processing in children with autism and children with sensory processing dysfunction relative to typically developing peers. *J Int Neuropsychol Soc* 2015;21:444–54, <http://dx.doi.org/10.1017/S1355617715000387>.
- [72] DePape A-MR, Hall GBC, Tillmann B, Trainor LJ. Auditory processing in high-functioning adolescents with autism spectrum disorder. *PLoS One* 2012;7:e44084, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0044084>.
- [73] Foss-Feig JH, Schauder KB, Key AP, Wallace MT, Stone WL. Audition-specific temporal processing deficits associated with language function in children with autism spectrum disorder: temporal processing and language in ASD. *Autism Res* 2017;10:1845–56, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1820>.
- [74] Foster NEV, Ouimet T, Tryfon A, Doyle-Thomas K, Anagnostou E, Hyde KL. Effects of age and attention on auditory global-local processing in children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord* 2016;46:1415–28, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-015-2684-2>.
- [75] Dudova I, Vodicka J, Havlovicova M, Sedlacek Z, Urbanek T, Hrdlicka M. Odor detection threshold, but not odor identification, is impaired in children with autism. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2011;20:333–40, <http://dx.doi.org/10.1007/s00787-011-0177-1>.
- [76] Galle SA, Courchesne V, Mottron L, Frasnelli J. Olfaction in the autism spectrum. *Perception* 2013;42:341–55, <http://dx.doi.org/10.1068/p7337>.
- [77] Kumazaki H, Muramatsu T, Fujisawa TX, Miyao M, Matsuura E, Okada K, et al. Assessment of olfactory detection thresholds in children with autism spectrum disorders using a pulse ejection system. *Mol Autism* 2016;7:6, <http://dx.doi.org/10.1186/s13229-016-0071-2>.
- [78] Luisier A-C, Petitpierre G, Ferdenzi C, Bérod AC, Giboreau A, Rouby C, et al. Odor perception in children with autism spectrum disorder and its relationship to food neophobia. *Front Psychol* 2015;6:117–26, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01830>.
- [79] Muratori F, Tonacci A, Billeci L, Catalucci T, Igliazzi R, Calderoni S, et al. Olfactory processing in male children with autism: atypical odor threshold and identification. *J Autism Dev Disord* 2017;47:3243–51, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-017-3250-x>.
- [80] Buyuktaskin D, Iseri E, Guney E, Gunendi Z, Cengiz B. Somatosensory temporal discrimination in autism spectrum disorder. *Autism Res* 2021;14:656–67, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.2479>.
- [81] Demopoulos C, Hopkins J, Kopald BE, Paulson K, Doyle L, Andrews WE, et al. Deficits in auditory processing contribute to impairments in vocal affect recognition in autism spectrum disorders: a MEG study. *Neuropsychology* 2015;29:895–908, <http://dx.doi.org/10.1037/neu0000209>.
- [82] Duerden EG, Taylor MJ, Lee M, McGrath PA, Davis KD, Roberts SW. Decreased sensitivity to thermal stimuli in adolescents with autism spectrum disorder: relation to symptomatology and cognitive ability. *J Pain* 2015;16:463–71, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpain.2015.02.001>.
- [83] Riquelme I, Hatem SM, Montoya P. Abnormal pressure pain, touch sensitivity, proprioception, and manual dexterity in children with autism spectrum disorders. *Neural Plast* 2016;2016:1723401, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1723401>.
- [84] Bennetto L, Kuschner ES, Hyman SL. Olfaction and taste processing in autism. *Biol Psychiatry* 2007;62:1015–21, <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.04.019>.
- [85] Field DJ, Hayes A, Hess RF. Contour integration by the human visual system: evidence for a local “association field”. *Vision Res* 1993;33:173–93, [http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989\(93\)90156-Q](http://dx.doi.org/10.1016/0042-6989(93)90156-Q).
- [86] Kovács I, Julesz B. A closed curve is much more than an incomplete one: effect of closure in figure-ground segmentation. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1993;90:7495–7, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.90.16.7495>.
- [87] Glass L. Moiré effect from random dots. *Nature* 1969;223:578–80, <http://dx.doi.org/10.1038/223578a0>.
- [88] Richard GJ, Ferre MJ. Differential screening test for processing. East Moline, IL: LinguiSystems Inc; 2006.
- [89] Justus T, List A. Auditory attention to frequency and time: an analogy to visual local-global stimuli. *Cognition* 2005;98:31–51, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2004.11.001>.
- [90] Hummel T, Sekinger B, Wolf SR, Pauli E, Kobal G. ‘Sniffin’ Sticks’: olfactory performance assessed by the combined testing of odour identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chem Senses* 1997;22:39–52, <http://dx.doi.org/10.1093/chemse/22.1.39>.
- [91] Doty RL, Shaman P, Dann M. Development of the university of Pennsylvania smell identification test: a standardized microencapsulated test of olfactory function. *Physiol Behav* 1984;32:489–502, [http://dx.doi.org/10.1016/0031-9384\(84\)90269-5](http://dx.doi.org/10.1016/0031-9384(84)90269-5).
- [92] Touch Test Sensory Evaluators n.d.
- [93] Touch Test Two Point Discriminator n.d.
- [94] Arnett AB, Hudac CM, DesChamps TD, Cairney BE, Gerds J, Wallace AS, et al. Auditory perception is associated with implicit language learning and receptive language ability in autism spectrum disorder. *Brain Lang* 2018;187:1–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandl.2018.09.007>.
- [95] Kujala T, Kuuluvainen S, Saalasti S, Jansson-Verkasalo E, Wendt L von, Lepistö T. Speech-feature discrimination in children with Asperger syndrome as determined with the multi-feature mismatch negativity paradigm. *Clin Neurophysiol* 2010;121:1410–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2010.03.017>.
- [96] Ludlow A, Mohr B, Whitmore A, Garagnani M, Pulvermüller F, Gutierrez R. Auditory processing and sensory behaviours in children with autism spectrum disorders as revealed by mismatch negativity. *Brain Cogn* 2014;86:55–63, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2014.01.016>.
- [97] Otto-Meyer S, Krizman J, White-Schwoch T, Kraus N. Children with autism spectrum disorder have unstable neural responses to sound. *Exp Brain Res* 2018;236:733–43, <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-017-5164-4>.
- [98] Russo N, Zecker S, Trommer B, Chen J, Kraus N. Effects of background noise on cortical encoding of speech in autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord* 2009;39:1185–96, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-009-0737-0>.
- [99] Whitehouse AJO, Bishop DVM. Do children with autism “switch off” to speech sounds? An investigation using event-related potentials. *Dev Sci* 2008;11:516–24, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00697.x>.
- [100] Donkers FCL, Schipul SE, Baranek GT, Cleary KM, Willoughby MT, Evans AM, et al. Attenuated auditory event-related potentials and associations with atypical sensory response patterns in children with autism. *J Autism Dev Disord* 2015;45:506–23, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-013-1948-y>.
- [101] Foss-Feig JH, Stavropoulos KKM, McPartland JC, Wallace MT, Stone WL, Key AP. Electrophysiological response during auditory gap detection: biomarker for sensory and communication alterations in autism spectrum disorder? *Dev Neuropsychol* 2018;43:109–22, <http://dx.doi.org/10.1080/87565641.2017.1365869>.
- [102] Hudac CM, DesChamps TD, Arnett AB, Cairney BE, Ma R, Webb SJ, et al. Early enhanced processing and delayed habituation to deviance

- sounds in autism spectrum disorder. *Brain Cogn* 2018;123:110–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2018.03.004>.
- [103] Kemner C, Verbaten MN, Cuperus JM, Camfferman G, van Engeland H. Auditory event-related brain potentials in autistic children and three different control groups. *Biol Psychiatry* 1995;38:150–65, [http://dx.doi.org/10.1016/0006-3223\(94\)00247-Z](http://dx.doi.org/10.1016/0006-3223(94)00247-Z).
- [104] Lincoln AJ, Courchesne E, Harms L, Allen M. Sensory modulation of auditory stimuli in children with autism and receptive developmental language disorder: event-related brain potential evidence. *J Autism Dev Disord* 1995;25:521–39, <http://dx.doi.org/10.1007/BF02178298>.
- [105] Vlaskamp C, Oranje B, Madsen GF, Møllegaard Jepsen JR, Durston S, Cantio C, et al. Auditory processing in autism spectrum disorder: mismatch negativity deficits. *Autism Res* 2017;10:1857–65, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1821>.
- [106] Cléry H, Bonnet-Brilhault F, Lenoir P, Barthelemy C, Bruneau N, Gomot M. Atypical visual change processing in children with autism: an electrophysiological study: visual mismatch response in children with autism. *Psychophysiology* 2013;50:240–52, <http://dx.doi.org/10.1111/psyp.12006>.
- [107] Frey H-P, Molholm S, Lalor EC, Russo NN, Foxe JJ. Atypical cortical representation of peripheral visual space in children with an autism spectrum disorder. *Eur J Neurosci* 2013;38:2125–38, <http://dx.doi.org/10.1111/ejn.12243>.
- [108] Pei F, Baldassi S, Norcia AM. Electrophysiological measures of low-level vision reveal spatial processing deficits and hemispheric asymmetry in autism spectrum disorder. *J Vis* 2014;14:3, <http://dx.doi.org/10.1167/14.11.3>.
- [109] Shuffrey L, Levinson L, Becerra A, Pak G, Moya Sepulveda D, Montgomery A, et al. Visually evoked response differences to contrast and motion in children with autism spectrum disorder. *Brain Sci* 2018;8:160, <http://dx.doi.org/10.3390/brainsci8090160>.
- [110] Cascio CJ, Gu C, Schauder KB, Key AP, Yoder P. Somatosensory event-related potentials and association with tactile behavioral responsiveness patterns in children with ASD. *Brain Topogr* 2015;28:895–903, <http://dx.doi.org/10.1007/s10548-015-0439-1>.
- [111] Brandwein A, Foxe J, Butler J, Russo N, Altschuler T, Gomes H, et al. The development of multisensory integration in high-functioning autism: high-density electrical mapping and psychophysical measures reveal impairments in the processing of audiovisual inputs. *Cereb Cortex* 2013;23:1329–41, <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhs109>.
- [112] Brandwein AB, Foxe JJ, Butler JS, Frey H-P, Bates JC, Shulman LH, et al. Neurophysiological indices of atypical auditory processing and multisensory integration are associated with symptom severity in autism. *J Autism Dev Disord* 2015;45:230–44, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-014-2212-9>.
- [113] Molholm S, Murphy JW, Bates J, Ridgway EM, Foxe JJ. Multisensory audiovisual processing in children with a sensory processing disorder (1): behavioral and electrophysiological indices under speeded response conditions. *Front Integr Neurosci* 2020;14:4, <http://dx.doi.org/10.3389/fnint.2020.00004>.
- [114] Stefanou ME, Dundon NM, Bestelmeyer PEG, Ioannou C, Bender S, Biscaldi M, et al. Late attentional processes potentially compensate for early perceptual multisensory integration deficits in children with autism: evidence from evoked potentials. *Sci Rep* 2020;10:16157, <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-73022-2>.
- [115] Russo N, Foxe JJ, Brandwein AB, Altschuler T, Gomes H, Molholm S. Multisensory processing in children with autism: high-density electrical mapping of auditory-somatosensory integration. *Autism Res* 2010;3:253–67, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.152>.
- [116] Näätänen R. The mismatch negativity: a powerful tool for cognitive neuroscience. *Ear Hear* 1995;16:6–18.
- [117] Näätänen R, Alho K. Mismatch negativity – a unique measure of sensory processing in audition. *Int J Neurosci* 1995;80:317–37, <http://dx.doi.org/10.3109/00207459508986107>.
- [118] Lalor EC, Pearlmutter BA, Reilly RB, McDarby G, Foxe JJ. The VESPA: a method for the rapid estimation of a visual evoked potential. *NeuroImage* 2006;32:1549–61, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.05.054>.
- [119] Norcia AM, Appelbaum LG, Ales JM, Cottareau BR, Rossion B. The steady-state visual evoked potential in vision research: a review. *J Vis* 2015;15:4, <http://dx.doi.org/10.1167/15.6.4>.
- [120] Jao Keehn RJ, Sanchez SS, Stewart CR, Zhao W, Grenesko-Stevens EL, Keehn B, et al. Impaired downregulation of visual cortex during auditory processing is associated with autism symptomatology in children and adolescents with autism spectrum disorder. *Autism Res* 2017;10:130–43, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1636>.
- [121] Gomot M, Belmonte MK, Bullmore ET, Bernard FA, Baron-Cohen S. Brain hyper-reactivity to auditory novel targets in children with high-functioning autism. *Brain* 2008;131:2479–88, <http://dx.doi.org/10.1093/brain/awn172>.
- [122] Mamashli F, Khan S, Bharadwaj H, Michmizos K, Ganesan S, Garel KA, et al. Auditory processing in noise is associated with complex patterns of disrupted functional connectivity in autism spectrum disorder. *Autism Res* 2017;10:631–47, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1714>.
- [123] Yau SH, Brock J, McArthur G. The relationship between spoken language and speech and nonspeech processing in children with autism: a magnetic event-related field study. *Dev Sci* 2016;19:834–52, <http://dx.doi.org/10.1111/desc.12328>.
- [124] Matsuzaki J, Ku M, Dipiero M, Chiang T, Saby J, Blaskey L, et al. Delayed auditory evoked responses in autism spectrum disorder across the life span. *Dev Neurosci* 2019;41:223–33, <http://dx.doi.org/10.1159/000504960>.
- [125] Oram Cardy JE, Flagg EJ, Roberts W, Roberts TPL. Auditory evoked fields predict language ability and impairment in children. *Int J Psychophysiol* 2008;68:170–5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.10.015>.
- [126] Roberts TPL, Khan SY, Rey M, Monroe JF, Cannon K, Blaskey L, et al. MEG detection of delayed auditory evoked responses in autism spectrum disorders: towards an imaging biomarker for autism. *Autism Res* 2010;3:8–18 <https://doi.org/10.1002/aur.111>.
- [127] Roberts TPL, Bloy L, Ku M, Blaskey L, Jackel CR, Edgar JC, et al. A multimodal study of the contributions of conduction velocity to the auditory evoked neuromagnetic response: anomalies in autism spectrum disorder. *Autism Res* 2020;13:1730–45, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.2369>.
- [128] Orekhova EV, Stroganova TA, Prokofiev AO, Nygren G, Gillberg C, Elam M. The right hemisphere fails to respond to temporal novelty in autism: evidence from an ERP study. *Clin Neurophysiol* 2009;120:520–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2008.12.034>.
- [129] Orekhova EV, Tsetlin MM, Butorina AV, Novikova SI, Gratchev VV, Sokolov PA, et al. Auditory cortex responses to clicks and sensory modulation difficulties in children with autism spectrum disorders (ASD). *PLoS One* 2012;7:e39906, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0039906>.
- [130] Linke AC, Jao Keehn RJ, Pueschel EB, Fishman I, Müller R-A. Children with ASD show links between aberrant sound processing, social symptoms, and atypical auditory interhemispheric and thalamo-cortical functional connectivity. *Dev Cogn Neurosci* 2018;29:117–26, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dcn.2017.01.007>.
- [131] Manjaly ZM, Bruning N, Neufang S, Stephan KE, Brieber S, Marshall JC, et al. Neurophysiological correlates of relatively enhanced local visual search in autistic adolescents. *NeuroImage* 2007;35:283–91, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.11.036>.
- [132] Brieber S, Herpertz-Dahlmann B, Fink GR, Kamp-Becker I, Remschmidt H, Konrad K. Coherent motion processing in autism spectrum disorder (ASD): an fMRI study. *Neuropsychologia* 2010;48:1644–51, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.02.007>.
- [133] Keehn B, Brenner L, Palmer E, Lincoln AJ, Müller R-A. Functional brain organization for visual search in ASD. *J Int Neuropsychol Soc* 2008;14:990–1003, <http://dx.doi.org/10.1017/S1355617708081356>.
- [134] Seymour RA, Rippon G, Gooding-Williams G, Schoffelen JM, Kessler K. Dysregulated oscillatory connectivity in the visual system in autism spectrum disorder. *Brain J Neurol* 2019;142:3294–305, <http://dx.doi.org/10.1093/brain/awz214>.
- [135] Green SA, Hernandez L, Bookheimer SY, Dapretto M. Salience network connectivity in autism is related to brain and behavioral markers of sensory overresponsivity. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2016;55:618–26, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaac.2016.04.013> [e1].
- [136] Green SA, Hernandez L, Bookheimer SY, Dapretto M. Reduced modulation of thalamocortical connectivity during exposure to sensory stimuli in ASD. *Autism Res* 2017;10:801–9, <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1726>.
- [137] Rothman M, Burke L, Erickson P, Leidy NK, Patrick DL, Petrie CD. 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 Health* 2009;12:1075–83, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1524-4733.2009.00603.x>.
- [138] Bullinger A, Delion P. Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars : un parcours de recherche. Ramonville Saint-Agne: Éd. Érès; 2004.
- [139] Morange-Majoux F. In: Les indices psycho-physiologiques pour appréhender le comportement: Man. VisPsychopsychologie. Paris: Dunod; 2017. p. 113–31 <https://doi.org/10.3917/dunod.moran.2017.01.0113>.
- [140] Herold F, Törpel A, Hamacher D, Budde H, Zou L, Strobach T, et al. Causes and consequences of interindividual response variability: a call to apply a more rigorous research design in acute exercise-cognition studies. *Front Physiol* 2021;12:682891, <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2021.682891>.
- [141] Russell G, Mandy W, Elliott D, White R, Pittwood T, Ford T. Selection bias on intellectual ability in autism research: a cross-sectional review and meta-analysis. *Mol Autism* 2019;10:9, <http://dx.doi.org/10.1186/s13229-019-0260-x>.
- [142] Wong C, Odom SL, Hume KA, Cox AW, Fettig A, Kucharczyk S, et al. Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism spectrum disorder: a comprehensive review. *J Autism Dev Disord* 2015;45:1951–66, <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-014-2351-z>.
- [143] De Los Reyes A, Augenstein TM, Wang M, Thomas SA, Drabick DAG, Burgers DE, et al. The validity of the multi-informant approach to assessing child and adolescent mental health. *Psychol Bull* 2015;141:858–900, <http://dx.doi.org/10.1037/a0038498>.