

# Assistance robotique et intervention motrice auprès des personnes présentant un trouble du spectre de l'autisme

Revue de littérature

Cette revue de littérature a été réalisée dans le cadre du projet de recherche appliquée « Assistance robotique et intervention motrice auprès des personnes présentant un trouble du spectre de l'autisme » mise en œuvre par l'université Toulouse-Jean-Jaurès. La réalisation de ce travail a été confiée à Viviane Kostrubiec et Jeanne Kruck du CERPPS et à Cécile de Launay (Psychologue clinicienne).



La FIRAH est une Fondation reconnue d'utilité publique, qui souhaite mettre la recherche au service des acteurs de terrain<sup>1</sup>. Elle a été créée par Axel Kahn (Président), APF France handicap, la Fédération des APAJH et Nexem. C'est pour répondre aux besoins et attentes des personnes handicapées que la FIRAH a été fondée et qu'elle se développe aujourd'hui autour de ces activités :

- Soutenir des projets de recherche appliquée sur le handicap,
- Dynamiser la valorisation des résultats de ces recherches en particulier auprès des acteurs de terrain,
- Animer la diffusion des connaissances sur le handicap produites à travers le monde.



La Fondation UEFA pour l'enfance a pour but de venir en aide aux enfants et de défendre leurs droits, par exemple par le biais du sport et du football en particulier, en apportant son soutien notamment dans les domaines de la santé de l'enfant, l'éducation des enfants, l'accès au sport, le développement personnel de l'enfant, l'intégration des minorités ainsi que la défense des droits de l'enfant. La Fondation, organe d'utilité publique régi par le droit suisse, a été officiellement constituée et a commencé ses activités le 24 Avril 2015.

---

<sup>1</sup> **Acteurs de terrain**

Les personnes handicapées, leurs familles et les organisations qui les représentent. Les organisations de défense des personnes. Les prestataires de services et autres organisations travaillant dans le domaine du handicap. Services et autres organisations intervenant en milieu ordinaire et devant prendre en compte dans leurs activités les personnes handicapées comme les enseignants, architectes, entreprises, industries, etc. Les décideurs politiques au niveau local, national et international.



L'Université Toulouse - Jean Jaurès, université d'arts, lettres et langues et sciences humaines et sociales, est membre fondateur de l'Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées. En matière de recherche, 80% de ses laboratoires sont classés A+, selon la classification de l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur. Notre université accueille 35 000 étudiants dont 5000 en psychologie. Le laboratoire CERPPS (EA7411) qui fait partie de l'Institut Fédératif d'Etudes et de Recherches Interdisciplinaires Santé Société UT2J-UPS-UT1 (FED 4142) et de la Maison des Sciences de l'Homme et de la Société de Toulouse CNRS-UFTMiP (USR 3414) ainsi que l'Institut des Sciences du Cerveau.



**AUTIS'&nd**  
autismes et neurodiversité



Le cabinet AUTIS'&nd se compose de 5 psychologues et éducatrice qui accueillent des personnes avec autisme ou autre troubles neurodéveloppement pour des évaluations et des prises en charges comportementales, cognitives et éducatives. Installés depuis une quinzaine d'années les professionnelles ont accompagné près de 3000 personnes avec des troubles neurodéveloppementaux.

Les cabinets de psychologue en libéral de Céline Boscus (Fonbeauzard), Sandra Seignan (Castanet), Brunilde Jas (Ayguevives), Aurélie Soulard (Blagnac) ont pris part à l'étude de même que les cabinets de psychomotricité (Camille Fillhol) et d'orthophonie (Christine Buigues).

Le présent document a été réalisé dans le cadre de la recherche appliquée « Coordination et habilités sociales chez l'enfant porteur de Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) » mené par l'Université Toulouse Jean-Jaurès, en partenariat avec le cabinet AUTIS'nd et plusieurs professionnels en psychologie, orthophonie et psychomotricité. Cette recherche a été soutenue dans le cadre de l'Axe 3 du programme Autisme et Nouvelle Technologies<sup>2</sup>, soutenu par la Fondation UEFA pour l'enfance.

Cette revue de littérature offre un aperçu de l'état actuel des travaux sur l'assistance robotique et les interventions motrices dans la rééducation des fonctions sociales chez des personnes porteuses du Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA). La réalisation de ce travail a été confiée à Viviane Kostrubiec et Jeanne Kruck du CERPPS (Centre d'Etudes et de Recherches en Psychopathologie et Psychologie de la Santé à l'Université Toulouse-Jean-Jaurès, Le Mirail) et à Cécile de Launay (psychologue clinicienne).

L'objectif de cette revue de littérature est de rendre compte des connaissances actuelles en recherche appliquée sur la rééducation des personnes avec autisme grâce à l'assistance robotique et des interventions motrices. Elle a abouti à la sélection de recherches pertinentes au regard de la thématique, chacune classées au moyen d'un ensemble de critères prédéterminés. Parmi ces recherches 11 ont été sélectionnées comme particulièrement pertinentes et intéressantes au regard de leur capacité à être applicables, particulièrement pour les personnes handicapées et les organisations qui les représentent.

La sélection des recherches a été réalisée en fonction des points suivants, qui précisent ce que la FIRAH entend par les termes de recherche appliquée sur le handicap :

- C'est d'abord un travail de recherche proprement dit, obéissant à ses règles de méthode et de rigueur, permettant la mise en œuvre d'une démarche scientifique, et impliquant des équipes d'un ou plusieurs chercheurs ou enseignants-chercheurs dont la recherche est l'une des missions statutaires.
- La recherche appliquée est différente de la recherche fondamentale. Son objectif est d'accroître la participation sociale et l'autonomie des personnes handicapées. Elle ne vise pas seulement la production de savoirs théoriques, mais également la résolution de problèmes pratiques en lien avec les besoins et les préoccupations des personnes handicapées et de leurs familles. La collaboration entre les personnes handicapées et leurs familles, les professionnels et les chercheurs est donc une donnée fondamentale dans la

---

<sup>2</sup> <https://www.firah.org/autisme-et-nouvelles-technologies.html>

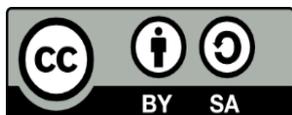
réalisation de ce type de recherche.

- En ce sens, ce type de recherche est destiné à produire des résultats directement applicables. En plus des publications classiques (articles, rapports de recherches), les recherches appliquées sont destinées à produire d'autres publications, appelées « supports d'applications », qui peuvent prendre différentes formes : développement de bonnes pratiques, guides méthodologiques, supports de formation, etc., et sont destinées à différents acteurs (personnes handicapées, professionnels, institutions).

Ce travail ne vise pas l'exhaustivité mais l'identification de résultats et de connaissances produits par des travaux de recherche pouvant être utiles aux acteurs de terrain pour améliorer la qualité de vie et la participation sociale des personnes handicapées.

Chaque titre de la bibliographie commentée contient un lien donnant accès à la recherche (en accès libre ou payant), et chacune des fiches de lecture contient un lien renvoyant vers la notice de la base documentaire de la FIRAH.

Ce document peut être diffusé librement en indiquant sa source, et en mentionnant l'auteur et les organisations impliquées.



**FIRAH | 2019**

[Ce document peut être diffusé librement en indiquant sa source, et en mentionnant l'auteur et les organisations impliquées.](#)

## Sommaire

---

<b>Edito</b> .....	<b>7</b>
<b>Synthèse</b> .....	<b>9</b>
Partie I. Méthodologie employée, limites et mises en garde .....	9
Partie II. Spécificités sociales et cognitives chez des personnes avec TSA.....	11
Partie III. Interventions assistées par la robotique: prometteuses mais immatures .....	14
La robotique sociale au service des personnes avec TSA.....	14
Efficacité et acceptabilité des robots : hypothèses et résultats.....	16
Écart entre la recherche et la pratique .....	20
PARTIE IV. Anomalies du mouvement chez les personnes TSA .....	21
Témoignages des personnes avec TSA.....	21
Anomalies motrices chez des personnes avec TSA .....	22
La production du mouvement affecte la cognition chez le typique.....	24
TSA, mouvement et cognition sociale .....	26
Conclusion .....	28
<b>Fiches de lecture</b> .....	<b>29</b>
Fiche 1. How to Implement Robots in Interventions for Children with Autism? A Co-creation Study Involving People with Autism, Parents and Professionals .....	30
Fiche 2. An exploration of sensory and movement differences from the perspective of individuals with autism.....	32
Fiche 3. Fostering Social Cognition through an Imitation and Synchronization- Based Dance/Movement Intervention in Adults with Autism Spectrum Disorder: A Controlled Proof-of-Concept Study .....	34
Fiche 4. Representing intentions in self and other: studies of autism and typical development.....	36

Fiche 5. The Effects of Rhythm and Robotic Interventions on the Imitation/Praxis, Interpersonal Synchrony, and Motor Performance of Children with Autism Spectrum Disorder (ASD): A Pilot Randomized Controlled Trial.....	38
Fiche 6. Use of Technology in Interventions for Children with Autism.....	40
Fiche 7. Understanding Therapists' Needs and Attitudes Towards Robotic.....	42
Fiche 8. Imitation of Intentional and Accidental Actions by Children with Autism .....	44
Fiche 9. A Further Investigation of Goal-Directed Intention Understanding in Young Children with Autism Spectrum Disorders.....	46
Fiche 10. Helping and Cooperation in Children with Autism .....	48
Fiche 11. Understanding of Intentions in Children with Autism Spectrum Disorder and Intellectual Disability.....	50
<b>Bibliographie commentée.....</b>	<b>52</b>
Thématique: Robotique et TSA .....	52
Thématique: Anomalies motrices et sociales chez les personnes avec TSA.....	56
Bibliographie complémentaire.....	60

Le TSA est un trouble neuro-développemental diagnostiqué sur la base des critères comportementaux : la présence (1) des perturbations dans les domaines des interactions sociales réciproques ainsi que (2) des comportements, intérêts et activités au caractère restreint et répétitif, selon la classification DSM-V (2013). A l'heure actuelle, il n'y a pas de 'cure' de l'autisme. Selon la Haute Autorité de Santé (HAS), seules quelques méthodes comportementales et rééducatives ont fait preuve d'efficacité dans la gestion des symptômes du TSA, notamment la méthode ABA (preuves solides) DENVER, TEACCH, PECS, et les scénarii sociaux (preuves modérées) (Baghdadli, Noyer, & Aussilloux, 2007). Il semble important de rappeler ces éléments face à la publicité multipliant des annonces enthousiastes autour des interventions assistées par des robots, aussi bien sur des sites français ('un robot capable de sortir les enfants autistes de leurs bulles') qu'internationales ('faire une rencontre avec le robot qui aide des enfants autistes'). Le premier objectif de la présente revue consistera donc à préciser ce que l'on sait au juste aujourd'hui de l'efficacité de l'assistance robotique destinée aux personnes avec TSA :

- Pourquoi supposer que des robots peuvent être utiles aux personnes avec TSA ?
- Existe-t-il déjà des robots destinés à aider les personnes avec TSA ?
- En quoi consiste cette assistance ? Se révèle-t-elle efficace ?
- Quelles sont les attentes des parents et professionnels à propos des robots ?
- Pourquoi tant de difficultés à répondre à ces attentes ?
- Comment faire évoluer ce domaine ?

Pourquoi tant de malentendus autour de la robot-assistance ? La robotique procure une technologie mais elle n'indique pas à quel usage celle-ci devrait être employée. Aussi, des avancées technologiques, même les plus spectaculaires, ne vont pas forcément de pair avec des progrès en fonctionnalité. Dans le domaine de l'assistance robotique le débat principal se focalise donc aujourd'hui autour des objectifs thérapeutiques qui devraient être servis par les robots dédiés aux TSA. Jusqu'à présent, les interventions en assistance robotique ont accordé peu d'attention à des prérequis indispensables au développement de la réciprocité sociale -- habilités rendant possible le maintien des échanges sociaux. Il s'agit par exemple de comprendre et répondre aux indices verbaux émis par des partenaires sociaux qui communiquent par ce moyen leurs intentions, désirs et appels à l'aide. La question "Peux-tu me passer du sel ?" signifie "Je souhaite que tu me passes la salière" et non "Es-tu dans la possibilité de me

passer du sel ?". La réciprocité sociale ne repose pas uniquement sur des habilités cognitives, elle implique aussi des habilités motrices. Si un enfant est incapable de produire le geste de pointage, il s'avère incapable de communiquer ses désirs ou de partager son centre d'attention avec autrui.

- Que sait-on donc des habilités motrices chez des TSA?
- Quel est le lien entre les fonctions motrices et les habiletés sociales ?
- Que sait-on des habilités de synchronisation perceptivo-motrice chez des TSA?
- Quel est le lien entre des troubles de synchronisation et des anomalies sociales?
- Quel est l'apport des interventions axées sur la synchronisation dans la rééducation sociale des personnes avec TSA ?

## Synthèse

---

Après avoir exposé la méthodologie et les limites de la présente revue de littérature, formulé les mises en garde la concernant (Partie I), et rappelé quelques éléments sur le TSA (Partie II), le présent document approfondit deux thématiques : la robotique sociale au service des personnes avec TSA (Partie III) et les spécificités des personnes avec TSA dans le domaine de la production du mouvement (Partie IV).

### Partie I. Méthodologie employée, limites et mises en garde

---

Pour identifier les articles nécessaires pour réaliser ce document, des chercheurs-cliniciens (JK), cliniciennes de terrain (CDL) et chercheurs (VK) ont exploité des moteurs de recherche spécifiques à la recherche en ingénierie (IEEE), en psychologie (Psycinfo), en médecine (Pubmed), en sciences de la santé (CINAHL), ainsi que des moteurs généraux (Science Direct, SpringerLink, Google Scholar, Crossref). Notez que les documents ayant permis de bâtir cette revue apportent des éléments de divers niveaux de preuve et donc de maturité et de crédibilité scientifique (Tableau 1 et 2). Il s'agit de méta-analyses (niveau A), de revues systématiques de littérature (niveau A), des études expérimentales basées sur des essais contrôlés et randomisés de faible puissance (niveau B), des études de cohortes avec un faible effectif (niveau B), des études rétrospectives (niveau C4), ainsi que des études de cas et des témoignages (niveau C4). Il est essentiel pour le lecteur de tenir compte de ces différences s'il souhaite formuler des conclusions à partir de la lecture du présent document.

Tableau 1. Grade de recommandations selon HA

Grade de recommandation	Niveau de preuve	Type de l'étude
Preuve scientifique établie	A (1)	essais comparatifs randomisés de forte puissance méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; analyse de décision fondée sur des études bien menées.
Présomption scientifique	B (2)	essais comparatifs randomisés de faible puissance ; études comparatives non randomisées bien menées ; études de cohortes.
	C (3)	études cas-témoins

Faible niveau de preuve scientifique		
	C (4)	études comparatives comportant des biais importants ; études rétrospectives ; séries de cas ; études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).
	C (4)	études comparatives comportant des biais importants ; études rétrospectives ; séries de cas ; études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Outre les articles parus dans des journaux indexés avec comité de lecture, groupes d'experts évaluant la qualité scientifique des publications, nous avons porté notre attention sur des témoignages (livres, forums ou blogs) rédigés par des parents et des personnes avec TSA, ainsi que des témoignages de personnes impliquées dans le développement ou l'utilisation des robots.

Nous nous sommes efforcés de retenir des documents répondant aux critères des revues de littérature de FIRAH, c'est à dire des textes jugés comme ayant une pertinence forte pour les acteurs de terrain. En raison de ce choix, cette revue de littérature est forcément incomplète. Certains articles ont été écartés car jugés trop techniques ou trop éloignés des préoccupations des professionnels travaillant avec des personnes avec TSA. Nous nous sommes notamment focalisés sur des faits d'observation sans mentionner les diverses approches et modèles théoriques qui les sous-tendent. Nous avons estimé ces débats, inspirant pour des chercheurs, sans intérêt immédiat pour les acteurs de terrain.

Nous n'avons pas pu toujours nous conformer aux exigences de la FIRAH, qui souhaite une revue de littérature essentiellement axée sur des recherches appliquées. Dans la pléthore d'études portant sur les intentions sociales (partie III) et les anomalies motrices (partie IV), les recherches appliquées sont quasi-inexistantes. Nous souhaitons finalement mettre en garde le lecteur en soulignant la rapide évolution des domaines touchés par la présente revue. Cet aperçu risque donc de devenir à brève échéance obsolète, en particulier dans le cas du domaine de l'assistance robotique.

Tableau 2. Niveau de preuve

Niveau de preuve	Description
A	Il existe une (des) méta-analyse(s) de bonne qualité ou plusieurs essais randomisés de bonne qualité dont les résultats sont cohérents. De nouvelles données ne changeront très probablement pas la confiance en l'effet estimé
B	Il existe des preuves de qualité correcte (essais randomisés [B1] ou études prospectives ou rétrospectives [B2]) avec des résultats dans l'ensemble cohérents. De nouvelles données peuvent avoir un impact sur la confiance dans l'estimation de l'effet, et peuvent changer l'estimation.
C	Les études disponibles sont critiquables d'un point de vue méthodologique et/ou les résultats des essais ne sont pas toujours cohérents entre eux. De nouvelles données auront très probablement un impact important sur la confiance dans l'estimation de l'effet et changeront probablement l'estimation.

## Partie II. Spécificités sociales et cognitives chez des personnes avec TSA

---

**Compétences sociales.** Baghdadli et Brisot-Dubois (2011) définissent les compétences sociales comme un ensemble de comportements verbaux et non-verbaux sous-tendus par des processus cognitifs et affectifs qui permettent une adaptation suffisante à l'environnement social. Il s'agit par exemple de savoir initier une conversation, remercier, s'excuser, demander et offrir de l'aide, partager des activités, exprimer ses sentiments et identifier ceux des autres, reconnaître et utiliser l'humour, savoir formuler ou accepter un refus, faire ou accepter une critique etc. Ces capacités nous permettent de recevoir, de comprendre et d'exprimer des messages ajustés à une situation sociale, et donc de prendre part à la vie de groupe. La vie sociale étant une nécessité pour notre espèce, les déficits sociaux entraînent des inadaptations mettant en cause l'épanouissement de l'individu.

**Test de fausses croyances.** L'épreuve la plus souvent utilisée pour évaluer les habiletés sociales est le test de la théorie de l'esprit (TOM). Il mesure la capacité à attribuer des états mentaux à ses congénères et anticiper leur comportement (Thommen & Rimbert, 2005). On distingue trois types d'attributions (Sugranyes, Kyriakopoulos, Corrigan, Taylor, & Frangou, 2011) : l'attribution à autrui de croyances, l'attribution d'intentions ou motivations et l'attribution d'états affectifs. L'épreuve princeps de TOM, le "test de Sally- Anne", évalue l'attribution de croyances. L'enfant observe deux marionnettes : Sally

et Anne (voir Figure 1). Sally dispose d'un panier et Anne d'une boîte. Sally prend une bille, la dépose dans son panier, puis quitte la scène. En son absence, Anne sort la bille du panier et la cache dans sa boîte. Sally réapparaît et on pose à l'enfant la question-clé du test : "Où Sally va-t-elle chercher sa bille ?". La réponse correcte, prouvant que l'enfant est capable de prendre en compte point de vue de Sally, est "dans le panier" (localisation correcte basée sur la fausse croyance de Sally). Baron-Cohen, Leslie et Frith (1985) ont prouvé que 80% d'enfants avec TSA échouent au test de Sally-Anne, contre 15% des enfants avec Trisomie21 et 15% des enfants à développement typique, un résultat mainte fois reproduit.

**Test des intentions sociales.** Un autre type de test lié à la TOM évalue l'attribution des intentions à autrui : le test des intentions sociales (Meltzoff, 1995 ; Tomasello et al, 2005). Le sujet est prié d'observer le comportement d'un comparse de l'expérimentateur qui est confronté à une situation problème.

Par exemple, le comparse fait mine de vouloir déposer un ensemble de documents dans une armoire fermée en cognant à plusieurs reprises sur sa porte. Si le sujet est capable d'élaborer une représentation mentale de l'état souhaité par le comparse alors il lui portera secours en ouvrant la porte de l'armoire. Une autre situation problème fait apparaître le comparse en train d'étendre du linge ; il fait tomber une pince à linge qu'il ne peut ramasser.

L'enfant qui a saisi l'intention du comparse ramasse la pince et la tend au comparse pour l'aider. Selon Meltzoff, (1995 ; Carpenter, Akhtar & Tomasello, 1998 ; Bellagamba & Tomasello, 1999), la compréhension des intentions de l'autre apparait au cours de la deuxième année de vie dans le développement typique du jeune enfant de manière rapide et innée. Tomasello et al (2007) montrent que les enfants TSA parviennent à aider l'adulte lorsque le but de la situation problème est simple à identifier, mais présentent de moins bonnes performances lorsque les tâches à accomplir sont plus complexes. Ce déficit est d'autant plus marqué chez les TSA avec handicap intellectuel (Peters-Scheffer et al., 2018).

**Tests de processus associés.** Des études ultérieures chez des TSA ont mis en avant des anomalies affectant des processus considérés comme des prérequis à la TOM. Des TSAs font preuve d'une exploration visuelle atypique des visages, d'un défaut d'utilisation des expressions faciales (Klin et al.,



2002 ; Schultz., 2005), d'un défaut de suivi du regard entraînant une défaillance d'attention conjointe (Cilia et al., 2018), ou d'un manque de motivation sociale (Chevallier & al., 2012).

**Anomalies de TOM.** Les difficultés dans les interactions sociales des personnes avec TSA résulteraient donc d'une anomalie de TOM : une incapacité à inférer des états mentaux de l'autre et à comprendre la manière dont ces états dirigent leurs comportements (Baron- Cohen, Leslie et Frith, 1985). Selon la formulation récente de cette hypothèse, deux types de processus sous-tendent la performance dans les épreuves de TOM : d'une part des processus spontanés, implicites, non intentionnels, mis en place tôt dans le développement, et d'autre part des processus indicés, explicites, intentionnels, conscients, se développant après la quatrième année (Senju, Southgate, White, & Frith, 2009). Dans le test Sally-Anne, les processus implicites s'expriment par la direction du regard, les processus explicites par des réponses verbales. Selon Senju et al. (2009), les adultes TSA accordent spontanément moins de regards à la localisation correcte où l'objet devait être caché en comparaison aux sujets témoins au développement typique. Ceci suggère que les TSA présenteraient un défaut dans le processus spontané et implicite d'anticipation des mouvements du partenaire social. En revanche, les processus explicites du raisonnement autour des situations de TOM seraient préservés.

**Anomalies du traitement de l'information.** Alors que l'hypothèse d'une défaillance de TOM attribue le TSA à un déficit spécifiquement social, d'autres auteurs relient le TSA à des particularités repérées dans des processus cognitifs en général : un dysfonctionnement du système exécutif (Zalla et al, 2006) ou un déficit du traitement de l'information découlant de la faiblesse de la "cohérence centrale" (Frith & Happé., 1996). Le déficit exécutif chez les personnes avec TSA s'exprimerait au niveau de la capacité à se représenter la séquence d'actions d'une activité à exécuter et à comprendre les différentes sous-actions nécessaires à la réalisation de celle-ci (Zalla et al, 2006). Le déficit de la cohérence sociale fait référence à des difficultés des individus TSA à sélectionner, dans leur répertoire, le comportement le plus adapté à la situation actuelle (Williams, Prud'Homme et Wright, 2010). Une telle faiblesse entraîne une focalisation sur un détail au détriment d'une perception globale de l'information, qui empêche de former un tout cohérent et donc de répondre de manière adéquate à une situation sociale donnée.

**Dysfonctionnement ou spécificité ?** A l'heure actuelle, les explications formulées en termes de "dysfonctionnements" sont mises en cause. Les personnes TSA suivraient plutôt une trajectoire développementale atypique : elle les doterait des opérations de traitement et des habilités spécifiques entravant les interactions avec les personnes dites "typiques" (Motttron, 2004). Selon cette perspective, il conviendrait de faire interagir des personnes TSA, du moins de façon transitoire, avec des partenaires sociaux mieux adaptés à leurs particularités. Les robots pourraient endosser ce rôle.

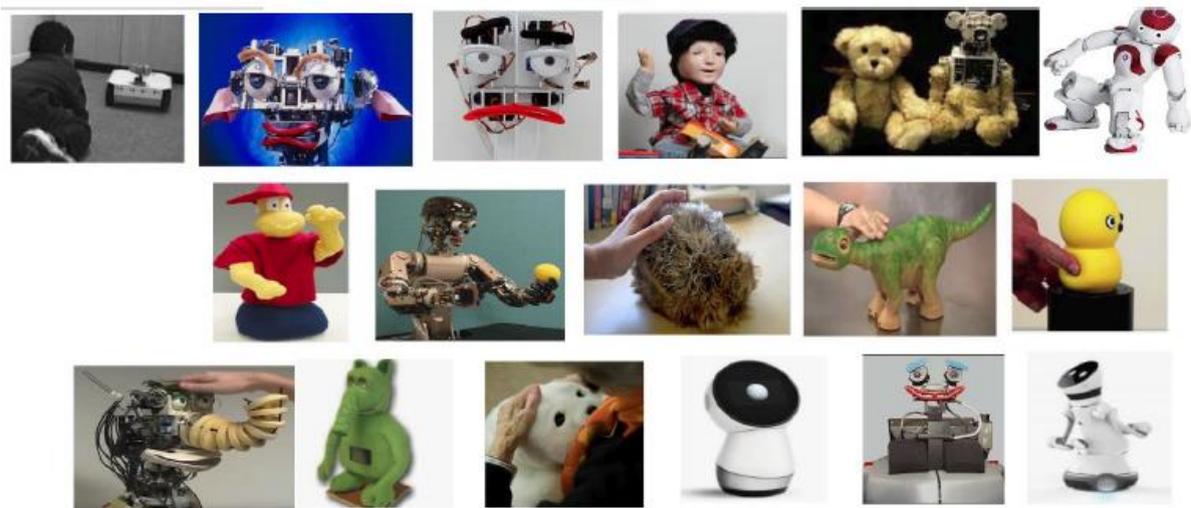
## Partie III. Interventions assistées par la robotique: prometteuses mais immatures

---

### La robotique sociale au service des personnes avec TSA

L'usage des robots dans l'assistance des personnes avec TSA n'est pas nouveau. L'étude pionnière sur un robot téléguidé, Logo, jouant avec un enfant TSA date de 1976 (Weir, Emanuel, 1976). Elle est envisagée aujourd'hui par des roboticiens comme point de départ de la robotique sociale, destinée aux personnes avec des besoins spécifiques (Heerink, Vanderborght, Broekens, & Albó-Canals, 2016). L'élan décisif à la robot-assistance a été impulsé par le projet Aurora (Dautenhahn, 1999), lancé en 1997. A l'heure actuelle, une bonne trentaine de robots ont déjà été développés à l'attention des personnes avec TSA ; les travaux décrivant ces efforts sont nombreux. Une simple recherche bibliographique à l'aide de l'équation de recherche « autisme & robot » fournit aujourd'hui 1093 références (moteur de recherche : Science Direct). En comparaison, une recherche bibliographique avec « ABA & autisme » offre 530 résultats sur Psycinfo et 85 sur Science Direct.

**Robotique sociale.** Qu'est-ce qu'un robot social ? Un robot est un automate équipé de capteurs et d'actionneurs (moteurs) lui permettant de recevoir des informations sur l'environnement, se déplacer et agir pour aider les personnes ayant des besoins spéciaux (ISO, 2018). Ainsi, les ordinateurs ou tablettes tactiles ne sont pas des robots alors que l'aspirateur IrobotRoomba, pourvu de capteurs d'obstacles et de roues motrices, en est un. Un robot est qualifié de social lorsqu'il est pourvu d'une 'interface sociale' lui permettant de simuler des comportements sociaux, par exemple, échanger des indices communicatifs non verbaux ou dialoguer avec un humain (Fong., Nourbakhsh, & Dautenhahn, 2002). Par exemple (voir Figure 2), la face des robots Kismet, Ono ou Probo (voir Figure 1) est pourvue d'actionneurs permettant de mimer des émotions ; les robots multiarticulés Kaspar, Teddy, ou Tito peuvent être programmés à produire des gestes. Le robot humanoïde Infanoid est pourvu de deux mains capables de pointer et saisir, de lèvres et de sourcils pour produire des expressions faciales, et de deux caméras positionnées au niveau des yeux pour détecter des visages. Le robot Nao est également capable de prononcer des phrases via la technique du 'magicien d'Oz'.



*Figure 1 Exemples de robots sociaux : Labo-1, Kismet, Ono, Nao, Kaspar, Teddy, Nao (ligne 1), Tito, Infanoid, Haptic creature, Pléo, Keepon (ligne 2), Probo, Paro, Jibo, Minerva, Care-O- Bot (ligne 3).*

Autonomie du robot. La propriété cruciale qui différencie les robots, et qui détermine la charge de travail de l'humain, est l'autonomie (Beer, Fisk, & Rogers, 2014). Avec un robot qui fonctionne en 'boucle ouverte' (Bekele, Crittendon, Swanson, Sarkar, & Warren, 2014), c'est à dire au niveau d'autonomie le plus bas (Parasuraman, Sheridan, & Wickens, 2000) (voir Table 3), l'homme doit sélectionner et lancer les actions une par une, ce qui exige un haut niveau de surveillance et entraîne une réaction très lente de l'automate ainsi guidé. Lors d'une intervention éducative, ce type de robot exige qu'une personne soit dévolue au contrôle du robot, en plus du professionnel qui interagit avec l'enfant (Bekele et al., 2014). Au niveau de l'autonomie complète, où l'automate fonctionne en 'boucle fermée', le robot prélève seul l'information de l'environnement, sélectionne et réalise les actions (voir tableau 3 ci-dessous, pour plus de détails).

Tableau 3 Niveaux d'autonomie de robots (selon Parasuraman et al. 2000)

1	le Système Artificiel (SA) n'offre aucune assistance
2	le SA présente un ensemble complet de possibilités
3	le SA présente un ensemble restreint de possibilités
4	le SA suggère une possibilité
5	le SA exécute sa suggestion si l'humain approuve
6	le SA accorde un délai pour un éventuel véto avant l'exécution
7	le SA agit puis informe l'humain
8	le SA informe l'humain si ce dernier le demande
9	le SA informe l'humain s'il (le SA) le décide
10	le SA décide de tout, agit seul et ignore l'humain

Parmi les automates qui peuvent fonctionner en boucle fermée, figurent HapticCreature, Pléo, ou Keepon, pourvus de capteurs du toucher leur permettant de détecter puis classer les différentes formes et y répondre avec des gestes et sons appropriés (Yohanan & MacLean, 2012). Le robot-phoque Paro, pousse des petits cris de contentement lorsqu'on on lui gratte la tête. Le robot-dinosaure Pléo, s'éveille lorsqu'on le touche, remue la queue et balance la tête lorsqu'on le caresse et ouvre la bouche lorsqu'on lui présente de la nourriture. En plus de fonctionner en boucle fermée, les robots les plus évolués sont multifonctionnels et dotés de systèmes d'apprentissage autonome. Le robot Jibo reconnaît et poursuit les visages, analyse le langage naturel et peut soutenir un dialogue simple, il apprend également les préférences de l'utilisateur. Le robot Minerva apprend par lui-même à naviguer à travers un environnement réel, un musée, où il guide et dialogue avec les visiteurs. Équipé d'un bras mobile, d'une caméra, de haut-parleurs et d'un microphone, le Care-O-Bot navigue, effectue des actions simples comme apporter un verre d'eau ou établir une communication avec un centre d'urgence.

### Efficacité et acceptabilité des robots : hypothèses et résultats

**Hypothèses fondatrices.** Pourquoi construire des robots dédiés aux personnes avec TSA ? L'hypothèse fondatrice de la robot-assistance propose que des robots puissent contribuer à atténuer les anomalies centrales du TSA : les anomalies socio-affectives. Sur cette base, plusieurs hypothèses spécifiques peuvent être envisagées (Simut, Vanderfaellie, Peca, Van de Perre, & Vanderborgh, 2016). Tout

d'abord, selon l'hypothèse motivationnelle, les TSAs accorderaient leur préférence aux stimuli non sociaux plutôt qu'aux humains (Chevallier, et al., 2012). Ils seraient donc plus fortement motivés à interagir avec un robot, qui solliciterait et renforcerait les comportements sociaux avec efficacité. Ensuite, les personnes avec TSA sont intolérantes aux changements, aux stimuli multimodaux ainsi qu'aux indices multiples et leurs processus sensoriels perçoivent un monde fragmenté, incohérent et angoissant (Bogdašina, 2005). Selon l'hypothèse de facilitation, l'interaction avec des robots (objets mécaniques, simples dans leurs expressions faciales et verbales, prédictibles dans le comportement et dépourvues du jugement social) leur imposerait moins de défis que l'interaction avec des humains (Dautenhahn, 1999). Finalement, selon l'hypothèse de 'catalyseur social' (Feil-Seifer & Matarić, 2009), le robot pourrait jouer le rôle de médiateur social dans les interactions triadiques : interagir avec un robot n'élèverait pas seulement des réponses sociales envers le robot mais également envers le partenaire humain, l'automate jouant ainsi le rôle de passerelle entre l'enfant TSA et son environnement social.

**Illustration par une étude de cas.** Ces hypothèses ont rapidement été soutenues par des observations anecdotiques, fondées sur des études de cas (Ricks & Colton, 2010). Particulièrement prometteuses, elles soulèvent un fort enthousiasme dans la communauté des roboticiens et chercheurs. Par exemple, M, une fillette avec TSA de 3 ans, mise en contact avec le robot Keepon, s'est progressivement approchée de l'automate en le regardant de profil, puis de face à partir de la 11ème séance. Elle a touché le ventre et examiné la surface du robot. A la 12ème séance, elle vocalisait des non-mots à Keepon, mettait une casquette en tricot sur la tête de l'automate puis demandait à sa mère de faire de même. A la 14ème séance, M embrassait le robot (Kozima, Nakagawa, & Yasuda, 2007). Dans une autre étude, L, un garçon avec autisme sévère, explorait le robot (Kaspar) en le touchant, en particulier sur les yeux et les paupières. Plus tard, il a exploré ses propres yeux, ainsi que les yeux et le visage de son professeur. Après plusieurs séances, L a commencé à partager son enthousiasme avec son enseignant, en lui tendant le bras et l'invitant à participer au jeu (Robins, Dautenhahn, & Dickerson, 2009). Dans une autre recherche encore, un enfant TSA et son frère typique étaient mis en contact soit avec une poupée soit avec un robot (Probo). Ils devaient 'nourrir' le jouet avec un 'hamburger', lui donner un 'fruit', lui brosser les 'dents' et lui administrer un 'médicament'. Chaque enfant disposait seulement de deux objets nécessaires aux jeux : ils devaient solliciter le partenaire humain pour recevoir les objets manquants. Les résultats ont montré que l'enfant TSA sollicitaient plus fréquemment son partenaire humain lorsqu'il interagissait avec le robot plutôt qu'avec un jouet classique (Simut et al., 2016).

**Revue de littérature.** L'enthousiasme soulevé par ces observations a été tempéré durant la dernière décennie par des revues de littérature (Cabibihan, Javed, Ang, & Aljunied, 2013 ; Diehl, Schmitt, Villano, & Crowell, 2012 ; Pennisi et al., 2016). Ces dernières ont mis en avant des insuffisances limitant l'intérêt et la portée de ces tentatives. L'objectif des travaux initiaux, menés par des ingénieurs, consistait à offrir des exemples illustratifs des possibilités techniques offertes par les automates. Il ne s'agissait pas (encore) de tester l'utilité de l'assistance robotique auprès des TSA selon les standards de la méthodologie expérimentale ou clinique. Aussi, selon la revue de littérature de (Pennisi et al., 2016) portant sur 758 études, à peine 29 (0.04% !) d'articles décrivant l'interaction entre les robots et les personnes avec TSA étaient dépourvues de défauts méthodologiques graves (échantillons trop faibles, absence de groupe de contrôle, etc.). Sur 16 études retenues par Pennisi et al. (2016), 13 travaux suggèrent que les enfants TSA présentent de meilleures performances lorsqu'ils interagissent avec un robot plutôt qu'avec un humain, deux études apportent des conclusions inverses et deux n'apportent pas de résultats concluants. Jusqu'à présent, aucune revue de littérature n'a pas permis d'aboutir à des conclusions fermes quant à l'efficacité de l'assistance par la robotique du TSA.

Que savons-nous donc à l'heure actuelle ? Selon Begum, Serna, et Yanco (2016) la grande majorité des recherches a réussi à apporter la preuve de l'attractivité du robot pour des enfants TSA ('likability effect') mais pas encore de son utilité. Or, selon les auteurs, le caractère attractif et ludique n'est pas suffisant, à lui seul, pour motiver le déploiement des robots en clinique. Trop de technologie semble difficilement acceptable par les usagers lorsqu'elle est principalement dédiée aux divertissements. So et al. (2019) quant à eux estiment que les robots sont aussi efficaces que les humains lorsque la rééducation obéit à une procédure hautement structurée.

**Objectifs éducatifs et attentes des professionnels.** Bref, la question qui s'impose aujourd'hui concerne les fonctionnalités c'est à dire des objectifs thérapeutiques qui devraient être servis par la robotique. Selon la revue de la littérature de Huijnen, Lexis, Jansens, et de Witte (2016), les buts thérapeutiques les plus souvent ciblés par la robot- assistance sont les interactions sociales, la communication et le jeu. Les interventions mettent typiquement en jeu l'imitation, le tour de rôle, la collaboration, l'attention conjointe, la prise de contact, la prise d'initiative, la demande, le jeu libre, jeu en parallèle ou jeu en collaboration. Pour mieux répondre aux besoins des acteurs de terrain, les chercheurs ont interrogé les professionnels travaillant auprès des personnes avec TSA à propos de leurs attentes à l'égard des robots. La méthode consistait à procurer pendant un certain temps un robot social sur leur lieu de travail, puis de les interroger à travers des groupes de discussion et des questionnaires. Suite à ces interactions, Huijnen, Lexis, Jansens, et de Witte (2017) ont dressé une liste d'objectifs éducatifs (ex : imitation, prise de contact, tour de rôle, orientation pour écouter, scénarii sociaux, demander de

l'aide, etc.) et de rôles pouvant être endossés par le robot (ex : médiateur, renforçateur, entraîneur, provocateur, etc.). Les professionnels interrogés ont souhaité que les robots soient livrés avec une 'bibliothèque de scénarios' pouvant être choisis en fonction des besoins spécifiques de l'enfant. Selon une autre étude, menée par (Zubrycki & Granosik, 2016), les thérapeutes souhaiteraient que le robot endosse le rôle d'assistant intervenant dans des situations critiques et dangereuses : le robot interpréterait les états émotionnels de l'enfant et, le cas échéant, appellerait à l'aide un collègue ou procurerait une distraction. Le besoin applicatif le plus pressant identifié par les acteurs de terrain est celui d'un outil enregistrant, analysant et décrivant le comportement de l'enfant. Les thérapeutes souhaiteraient se concentrer sur la thérapie et déléguer les tâches administratives au robot.

**Acceptabilité de la robotique.** La seconde question concerne l'acceptabilité des robots par des acteurs du terrain et leur usage à long terme. Les études à ce propos ont jusqu'à présent étaient menés chez les sujets typiques. Une recherche sur l'usage à long terme du robot- dinosaure Pléopar six familles avec enfant typique (4-12 ans; Fernaeus, Håkansson, Jacobsson, & Ljungblad, 2010) a montré qu'après un accueil enthousiaste, l'enfant juge le robot limité ('ne fait pas grande chose') et conclue qu'il 'ne sait pas jouer avec lui'. Ce désenchantement concerne non seulement les robots destinés au TSA mais les robots sociaux en général. Le volume des ventes de robots d'assistance aux personnes âgées et aux handicapés demeure faible (6 423 unités en 2017), comparativement aux robots d'aides domestiques (6,1 millions d'unités en 2017) (IFR, 2018). Nombreux projets en robotique sociale sont annulés (Dusi, 2018; Walters, 2018) : Aibo, Pleo, Kuri, Asimo ou Jibo. Selon les auteurs qui cherchent à comprendre des raisons de ces déconvenues les robots actuels souffrent de la confrontation avec des attentes exagérées des usagers, façonnées par des films et romans de fiction (Sandoval, Mubin, & Obaid, 2014; Walters, 2018): les performances du robot Nao ou Pléo sont encore très loin des hauts faits du droïde C-3PO dans la Guerre des Etoiles!

**Acceptabilité de l'innovation.** Faut-il être découragé ? L'adoption de l'innovation n'est pas un processus sans heurt. Même réussi et achevé, un produit novateur ne trouve pas toujours ou immédiatement preneur. Selon les travaux de (Joachim, Spieth, & Heidenreich, 2018), pour pouvoir être acceptée par les usagers, l'innovation doit répondre à une série d'exigences des acteurs du terrain, notamment (1) combler un besoin ou apporter une plus- valeur conséquente par rapport à des produits déjà existants, (2) cette supériorité devant être aisément communicable, (3) procurer des bénéfices rapides et visibles (4) être compatible avec des outils, des routines et des contraintes du travail préexistantes, (5) être simple et ergonomique, (6) dépourvu des dysfonctionnements, (7) sans danger pour l'utilisateur, (8) présenter des possibilités de mise à jour et de personnalisation, (9) ne pas heurter des normes et valeurs des utilisateurs, (10) présenter un rapport coût/bénéfice acceptable. Il

semblerait que la robotique sociale ne soit pas encore suffisamment mature pour y répondre de façon convaincante.

### Écart entre la recherche et la pratique

A première vue, il est étonnant qu'après tant d'années de recherche consacrées à l'assistance robotique du TSA, les robots restent un divertissement, un support d'activité et ne sont pas utilisés comme un outil de rééducation à part entière. En réalité, un tel retard entre les avancées en recherche et l'application clinique n'affecte pas seulement la robotique sociale: il existe dans tous les domaines. Dans le champ de la santé en général, on estime que les pratiques fondées sur des données probantes (PDE) mettent en moyenne 17 ans à être incorporées à la pratique clinique (Bauer, Damschroder, Hagedorn, Smith, & Kilbourne, 2015). La méthode ABA est apparue dans les recommandations aux USA en 1999, soit environ après 20 ans de recherches consacrées à ce sujet. Selon Walker (2004), il existerait également un décalage d'une vingtaine d'années entre le développement d'un traitement fondé sur des preuves et son intégration dans les pratiques routinières (Dingfelder, & Mandell, 2011).

Un groupe de roboticiens, Kim, Paul, Shic, et Scassellati (2012) se sont explicitement interrogés sur les raisons de l'écart entre la recherche et la pratique affectant l'assistance robotique des TSA. Suivant leur analyse, l'efficacité des travaux des roboticiens, chercheurs serait contrainte par les exigences pratiques et l'incompatibilité des objectifs des différents acteurs impliqués dans la robot-assistance. Loin d'être enfermé dans une tour d'ivoire, le roboticien et chercheur actuel doit s'engager dans une compétition féroce pour obtenir des subventions et produire des publications à la fréquence prescrite par l'employeur. Or, les subventions accordées aux projets de recherche en robotique ainsi que les objectifs des journaux permettant d'en publier les résultats sont axés sur l'innovation technologique. Dans cette perspective, le but du travail consiste à faire progresser les capacités technologiques des robots et d'en découvrir les possibilités d'application. Les chercheurs ne disposent pas de ressources, ni temporelles ni économiques, pour s'engager dans une recherche appliquée visant à développer un outil éducatif abouti. Une recherche appliquée exige en effet largement plus du temps et de moyens qu'une recherche de laboratoire et requiert également des habilités hors du champ de compétence de chercheur.

Concrètement, notre expérience nous indique que la recherche appliquée utilisant l'assistance robotique requiert au moins six étapes de travail : le développement du robot, le développement d'une méthode thérapeutique, le test de cet ensemble en situation expérimentale, la formation du professionnel, les tests de faisabilité en situation clinique et l'adaptation de l'ensemble à la singularité

du patient. Le développement du robot nécessite entre 10 et 15 ans de travail afin de lui donner les fonctionnalités de base. Le développement des méthodes thérapeutiques et la mesure de leur efficacité requièrent des études longitudinales et l'analyse des cohortes des patients, soit environ une quinzaine d'années d'expérimentation. Une fois le robot et la méthode mise en place, la formation et la supervision d'un professionnel doivent durer environ deux années pour avoir une fidélité d'application de la méthode suffisante. La mise en application sur le terrain pourrait donc intervenir après une quinzaine d'année d'études.

Peu de chercheurs peuvent s'engager dans un processus aussi long. En une quinzaine d'années, la méthode rééducative et la technologie risquent en effet de devenir obsolètes. Notons finalement que la subvention moyenne typique en France permet de financer le travail d'un seul étudiant en thèse pendant trois ans seulement. Un projet en assistance robotique en exigerait pourtant deux, un en robotique et un en psychologie clinique, sans parler des coûts associés au développement du robot et à la tentative de son déploiement sur le terrain.

## **Partie IV. Anomalies du mouvement chez les personnes TSA**

---

### **Témoignages des personnes avec TSA**

Dans la dernière décennie, l'évolution technologique en robotique ainsi que l'évolution théorique en psychologie ont porté leur intérêt sur des processus moteurs. Alors que les théories classiques du TSA se focalisent sur des processus socio-communicatifs, les personnes avec TSA et leurs parents attirent l'attention sur les anomalies perceptivo-motrices (Amos, 2013; Gillespie-Lynch, Kapp, Brooks, Pickens, & Schwartzman, 2017; Chamak, Bonniau, Jaunay, & Cohen, 2008). Ainsi, selon Bissonette (2009) : *“Autisme n'est pas tant un cerveau anormal mais une expérience anormale. Je n'ai pas de difficultés avec penser et connaître, mais avec faire et agir”*. Des témoignages de TSA (N=5), dépouillés par Robledo, Donnellan, et Strandt-Conroy (2012) mettent en avant des difficultés du contrôle moteur (*“en comparant mon esprit à un ordinateur, c'est comme si j'avais la carte d'entrée mais que la carte de sortie est toute brouillée”*), des aberrations dans l'exécution des commandes (*“quand je sais que je devrais sourire, parfois je sais que je ne souris pas, mais fronce des sourcils”*) et la conscience que les personnes avec TSA ont de leurs troubles (*“Dès le début d'une action, j'étais conscient de mon incapacité à accéder à la planification motrice et j'étais perdu dans un silence moteur inacceptable”*). Ces particularités gestuelles n'échappent pas aux parents des TSA : *“mes enfants semblaient constamment négocier avec leurs corps en utilisant des stratégies qui apparaissaient extrêmement compliquées”* (Amos, 2013).

Etant donné que le système moteur est en charge de réaliser toutes interactions avec l'environnement, le déficit du contrôle moteur entraîne une cascade de troubles, notamment socio-communicatifs : *“Mon enfance n’a pas été facile car je n’avais aucun moyen de communiquer. (-) J’ai pointé du doigt des cartes et je me suis touché le nez, mais je n’avais aucun moyen de dire que je pensais profondément, que je comprenais tout, mais que j’étais enfermé à l’intérieur”* (Kedar, 2014). Il affecte la façon dont les thérapeutes évaluent les capacités des enfants : *“Vous me demandez de toucher « arbre », par exemple, et bien que je puisse clairement différencier arbre, maison, garçon et toutes les cartes que vous avez disposées, ma main ne m’obéit pas toujours. Mon esprit crie : 'Ne touche pas à la maison !' Ma main va vers la maison. “* (Kedar, 2014).

### **Anomalies motrices chez des personnes avec TSA**

**Le mouvement chez les personnes TSA.** Des anomalies motrices, repérées pourtant depuis le début des travaux sur le TSA par Kanner (1943) ont longtemps demeuré hors des centres d'intérêt des chercheurs. (Leary & Hill, 1996) ont attiré l'attention sur ces difficultés, en listant une cinquantaine d'anomalies motrices rencontrées dans les TSA : rigidité, mouvements inachevés, marche sur la pointe des pieds, déficit d'ajustement de la force etc. Vers 2000, nombre des travaux sur le mouvement dans le TSA a explosé. A l'heure actuelle, l'hypothèse selon laquelle la déficience motrice ferait partie du phénotype du TSA, est testée et soutenue par un riche éventail d'études de haute qualité.

Les personnes avec TSA présentent-elles des troubles moteurs ? La réponse est positive. Selon l'estimation de Miyahara et al. (1997), les déficits moteurs seraient présents chez 50 à 75% des individus. La comparaison des personnes avec TSA avec leurs frères et sœurs sans TSA (Hilton, Zhang, Whilte, Klohr, & Constantino, 2012) montre que des déficits ont été observés dans 83% des cas dans le groupe TSA, contre seulement 6% dans celui des frères et sœurs typiques. La méta-analyse la plus récente porte sur 51 études : elle montre que la coordination motrice des personnes avec TSA présente des anomalies se manifestant dans des tâches d'équilibre, de la posture, de la marche, le pointage... (Fournier, Hass, Naik, Lodha et Cauraug, 2010). Kaur, Srinivasan, et Bhat (2018) confirment la présence de difficultés motrices fondamentales en matière d'équilibre, de posture et de coordination, mais repèrent également des difficultés de planification motrice et de synchronisation motrice interpersonnelle chez les enfants TSA.

Est-on capable de repérer des anomalies motrices spécifiques au TSA -- des marqueurs comportementaux -- pouvant servir au diagnostic ? La réponse est à ce jour négative. Par rapport aux enfants typiques, les enfants avec TSA obtiennent des scores plus faibles à des tests standardisés de la performance motrice (ex : BOT-2, SIPT, M-ABC), à la fois au niveau de la motricité fine (ex : pliage de

papier, reproduction de configuration manuelle) que globale (ex : marcher sur une ligne droite, attraper une balle) (Kaur, et al. 2018). Des travaux sur la cinématique du mouvement mettent en évidence des profils atypiques de vitesse et d'accélération (Cook et al., 2013 ; Glazebrook et al., 2006), une organisation anormale des chaînes motrices (Mari et al., 2003), et un contrôle en feed-back plutôt qu'un contrôle anticipatoire du mouvement (Schmitz, Martineau, Barthélémy, Assaiante, 2003). Des problèmes moteurs similaires sont néanmoins identifiés dans d'autres troubles (ex: trouble de coordination).

**Développement moteur.** Les anomalies motrices peuvent servir de signal d'alerte, suggérant que la trajectoire développementale de l'enfant dévie de la route typique. Du point de vue développemental, les troubles moteurs sont parmi les plus précoces à apparaître (Iarocci & McDonald, 2006). L'étude rétrospective des films familiaux met en évidence des anomalies motrices chez des nourrissons diagnostiqués ultérieurement avec un TSA, notamment des anomalies des postures et des anomalies de locomotion suivantes : couché sur le dos, couché sur le ventre, changement postural entre ces deux positions, de la position assise ainsi que de la marche à quatre pattes (Teitelbaum, Teitelbaum, Nye, Fryman et Maurer, 1998 ; Baranek, 1999 ; Trevarthen & Daniel, 2005 ; Ozonoff et al., 2008). Plus tard dans le développement, selon le travail de (Provost, Lopez, & Heimerl, 2007), au moins 60% des jeunes enfants (21-41 mois) avec TSA présentent des retards moteurs les qualifiant pour une intervention motrice. Staples et Reid (2010) ont noté que le niveau de développement en motricité globale des enfants avec TSA de 10 ans, évalué à travers l'habilité à courir, sauter, glisser, lancer, donner des coups de pied, etc., est comparable à celui des enfants typiques de cinq ans. En suivant une cohorte composée de 90 personnes TSA et 56 typiques pendant 12 ans, Travers et al. (2017) ont montré qu'à partir de 14 ans, une différence se creuse entre le groupe des TSA et le groupe contrôle dans la tâche de production de frappes.

**Lien mouvement-TSA.** Les anomalies motrices n'affectent pas seulement des activités impliquant du mouvement : s'habiller, prendre un bus, écrire etc. Il existe un lien entre la sévérité des troubles moteurs est la sévérité des symptômes du TSA (Dziuk et al., 2007 ; Sutera et al., 2007 ; Kaur et al., 2018). En suivant une cohorte de 648 enfants à haut et à bas risque du TSA, Iverson et al. (2019) ont rapporté que la sévérité des troubles de motricité fine à 6 mois était significativement associée à la sévérité des symptômes du TSA à 36 mois. Bremer et Cairney (2018) ont noté que chez des enfants de 7 à 12 ans, le score obtenu au test moteur (M-ABC-2) était significativement corrélé avec l'autonomie dans la vie quotidienne et les comportements adaptatifs, estimés par la VABS-2. MacDonald, Lord, et Ulrich (2013) ont relevé que le score illustrant l'habilité à contrôler un objet (TGMD-2), comme par exemple donner un coup de pied sur un ballon, faire une frappe de baseball, lancer par-dessus l'épaule,

etc., est significativement lié au score de sévérité du TSA. Vanvuchelen, Roeyers, et De Weerd (2007) ont rapporté que déficits moteurs chez des enfants avec TSA de symptomatologie sévère, des déficits moteurs sont fortement liés aux déficits en imitation de gestes.

### La production du mouvement affecte la cognition chez le typique

**Mouvement et cognition.** Les observations ci-dessus laissent penser que les déficits moteurs font partie des facteurs responsables de l'émergence des symptômes socio-cognitifs du TSA. Cette hypothèse fait écho aux Théories Motrices de la Cognition développées sur des sujets typiques. Dans leurs perspective, la distinction classique entre des processus moteurs et des processus cognitifs est trompeuse (Gibson, 1977 ; Hommel, Müsseler, Aschersleben, & Prinz, 2001) : il y aurait une co-dépendance entre ces deux types de mécanismes. A l'aval, le système neuro-musculo-squelettique sélectionne les informations sensorielles en scrutant l'environnement à travers le mouvement des yeux, des mains, en inspirant et en gouttant (Prescott, Diamond, & Wing, 2011). Ensuite, il participe au déroulement de processus cognitifs plus " centraux " : discrimination, attention, émotion, compréhension, mémoire etc. Par exemple, lorsqu'on active par une stimulation magnétique transcrânienne des sites du cortex moteur (M1) contrôlant les lèvres ou la langue, le sujet discrimine plus rapidement des phonèmes articulés par des lèvres (p et b) ou par la langue (d et t), respectivement (D'Ausilio et al., 2009). Lorsque le sujet frappe le rythme avec sa main, le cerveau amplifie des réponses neuronales des événements survenant en lien avec le geste (Morillon, Hackett, Kajikawa, & Schroeder, 2015). Si on perturbe le système moteur en demandant au sujet de tenir un crayon entre les dents, la discrimination des expressions émotionnelles se détériore (Dummer, Picot-Annand, Neal, & Moore, 2009). Les jugements sémantiques sur le caractère sensé des phrases (ex : Peut-on froisser un journal ? Peut-on froisser une fenêtre?) sont facilités s'ils sont précédés de gestes correspondant à l'action mentionnée (ex : placer les doigts en forme de pince) (Klatzky, Pellegrino, McCloskey, & Doherty, 1989). Pendant l'apprentissage, si le sujet illustre des phrases à retenir (ex : allumer une cigarette) par des gestes correspondants, son rappel ultérieur s'en trouve amélioré (Engelkamp, Zimmer, Mohr, & Sellen, 1994).

**Neurones miroirs.** L'impact de la production de gestes sur la cognition a été mis en avant en neurologie suite à la découverte des neurones dits 'miroirs'. Il s'agit d'un système de neurones situés dans les régions prémotrices du cerveau qui s'activent lorsque le sujet effectue un geste intentionnel vers un but (ex : saisir une pomme) ou lorsqu'il observe ou imagine quelqu'un le produire (Rizzolatti & Craighero, 2004). Ce système permettrait au cerveau de tisser des liens sensori-moteurs entre les

propres programmes moteurs dont il dispose et l'action motrice observée sur un autre individu. Aussi, l'activation du système de neurones miroirs est plus élevée lorsque le sujet observe une action qu'il est capable d'accomplir, par rapport à l'observation de mouvements physiquement impossibles (ex : abduction extrême de l'auriculaire qui impliquerait la rupture de l'articulation métacarpo-phalangienne) ou des gestes non familiers (Costantini et al., 2005). Chez les danseurs, les neurones miroirs s'activent plus vivement lorsque le danseur observe des mouvements de danse qu'ils ont l'habitude d'exécuter par rapport à des mouvements non pratiqués (Cross, Hamilton, & Grafton, 2006). Les neurones miroirs seraient impliqués dans la traduction des percepts en action, jetant ainsi des bases de l'imitation : leur activité est plus élevée lorsque l'on demande au sujet d'observer puis d'imiter un mouvement par rapport à la condition où il doit seulement observer le geste (Iacoboni et al., 2001).

**Synchronisation et lien social.** Les psychologues s'interrogeant sur l'établissement de liens sociaux ont en particulier porté leur attention sur la gestuelle rythmique. McNeill (1995) a postulé que la fonction primaire des chants, des danses et des marches réalisés en synchronie par des groupes d'individus contribue à l'émergence de relation sociale. Une pléthore de travaux expérimentaux ont ensuite montré que les individus ont tendance à synchroniser spontanément et involontairement leurs mouvements (Schmidt, Bienvenu, Fitzpatrick, & Amazeen, 1998) et que cette synchronisation favorise les liens sociaux (Lakens, 2010 ; Hove & Risen, 2009). Des paires d'enfants ayant produit des frappes en synchronie considéraient leur partenaire comme étant plus semblable et plus proche d'eux que les enfants n'ayant pas eu d'interaction ou ayant pris part à une interaction asynchrone (Rabinowitch & Knafo-Noam, 2015). Lorsque des adultes pédalent sur des bicyclettes en synchronie puis remplissent un questionnaire évaluant leurs sentiments d'empathie envers leurs partenaire ("Je pourrais me mettre à la place de l'autre"), le score d'empathie est plus élevé par rapport à des groupes ayant pédalé dans des conditions asynchrones (Sharon- David, Mizrahi, Rinott, Golland, & Birnbaum, 2018). Kirschner et Tomasello (2010) ont montré que lorsque les enfants typiques chantent de manière synchronisée lors d'une première activité, ils manifestent plus de comportements d'aide envers leurs pairs lors d'une deuxième activité en comparaison au groupe d'enfants qui chantaient individuellement. Les indices physiologiques d'empathie sont plus élevés lorsqu'un stimulus douloureux est appliqué à un comparse qui imite les mouvements du sujet plutôt qu'à un comparse qui n'imitent pas (De Coster, Verschuere, Goubert, Tsakiris, & Brass, 2013). La production de mouvements synchrones avec l'autre active le système des neurones miroirs (Tognoli, Lagarde, DeGuzman, & Kelso, 2007) et contribue à la synchronisation des ondes cérébrales des co-acteurs (Dumas, Nadel, Soussignan, Martinerie, & Garnero, 2010).

## TSA, mouvement et cognition sociale

**Production des rythmes chez les personnes avec TSA.** Les personnes avec TSA semblent marcher *au rythme d'un autre tambour* (Atwood, 2006). A la lumière des Théories Motrices de la Cognition, ce symptôme exprime une anomalie centrale dans l'émergence du trouble. Dans cette perspective, les chercheurs se sont attachés à repérer des anomalies de la production rythmique chez des TSAs. Isenhower et al. (2012) ont noté que les enfants TSA priés de frapper sur un tambour soit en in-phase (des baguettes qui frappent simultanément) soit en anti-phase (frappes en alternance) produisent moins de configurations motrices requises (in- phase et anti-phase) que des enfants typiques. Moran, Foley, Parker, et Weiss, (2013) ont examiné l'habilité des enfants TSA à sauter sur deux jambes en synchronie avec un signal auditif. Contrairement aux enfants typiques de contrôle, qui se sont bien acquittés de cette tâche, les personnes avec TSA n'ont pas réussi à régler leur mouvement sur le signal. Condon (1975) a remarqué que les nourrissons ultérieurement diagnostiqués TSA produisent plusieurs réponses motrices en réaction à un seul stimulus verbal. De Marchena et Eigsti (2010) ont noté que les gestes communicatifs sont moins bien synchronisés avec la parole chez des adolescents avec TSA que chez le groupe de contrôle. Gepner, Mestre, Masson, & de Schonen (1995) ont étudié l'ajustement postural des enfants aux oscillations de l'image de l'environnement. Tandis qu'un enfant typique oscille d'avant en arrière en synchronie avec le mouvement environnemental, les enfants autistes n'oscillaient peu, voire pas du tout, ne sachant pas utiliser correctement les informations visuelles sur les mouvements de leur environnement pour adapter la posture globale de leur corps. Récemment, Kostrubiec, Huys, Jas, et Kruck (2018) ont montré que les anomalies de synchronisation avec un stimulus auditif sont liées à la sévérité des symptômes du TSA.

**Synchronisation interpersonnelle.** Les anomalies dans la production des rythmes en solo se répercutent sur des situations où les enfants sont en dyades. Yirmiya et al. (2006) ont rapporté que des enfants de 4 mois à risque de TSA synchronisent moins bien leurs gestes avec les mouvements de leur mère que les enfants sans risque. Dawson, Hill, Spencer, Galpert, et Watson, (1991) ont remarqué que les enfants TSA sourient autant que des enfants typiques, mais l'émission de leurs sourires coïncide moins bien avec l'émission de sourires par la mère. Lorsque l'enfant TSA se balance sur une chaise à bascule à côté d'un adulte, il se synchronise moins souvent avec le partenaire social que les enfants typiques (Marsh, Richardson, & Schmidt, 2009). Lorsque les adolescents TSA doivent imprimer un balancement à une pendule avec leur main dominante tout en observant leur parent qui effectuent la même tâche, ils se synchronisent avec le partenaire social avec moins de stabilité que les sujets typiques de contrôle (Fitzpatrick et al., 2016). Pendant l'exécution de diverses tâches motrices (ex :

pointer en séquence sur diverses parties du corps) en dyades, les personnes avec TSA se sont synchronisées avec leurs partenaire de façon moins consistante que les participants du groupe témoin (Fitzpatrick et al., 2017).

**Synchronisation des rythmes.** Ces observations expérimentales ont contribué à promouvoir l'idée selon laquelle le TSA serait lié à une anomalie de synchronisation des rythmes. Ayant examiné l'activité cérébrale des personnes avec TSA impliquées dans une tâche commune, Salmi et al., (2013) ont noté que les ondes cérébrales de ces sujets se synchronisaient moins que les ondes des personnes typiques. Romero et al. (2018) ont noté que les anomalies de synchronisation interpersonnelle sont liées aux anomalies sociales du TSA. Le niveau de synchronisation motrice sociale spontanée est corrélée à la capacité de réponse à l'attention conjointe, à la coopération et à la théorie de l'esprit, le niveau de synchronisation motrice sociale intentionnelle est associée à l'initiation de l'attention conjointe et à la théorie de l'esprit.

**Théorie de synchronisation et TSA.** Du point de vue théorique, la synchronisation est envisagée comme un processus permettant aux composants d'un système de tisser des liens et de coopérer ensemble (Kelso, 1995; Kelso, Dumas, & Tognoli, 2013). Quelle que soit l'échelle de l'observation -- celle des neurones, des muscles ou des organismes -- elle crée des groupes agissant ensemble: groupes de neurones, groupes de muscles ou des groupes d'individus (Kelso, 2012). Dans cette perspective, il n'est pas étonnant qu'un désordre de synchronisation s'exprime par des déficits fonctionnels au niveau neuronal, musculaire, comportemental et social. Selon la position radicale, la synchronisation anormale des rythmes serait à la base même de l'autisme (Isenhower et al., 2012). Bien que cette position radicale doive être tempérée et les observations expérimentales plus approfondies (tous les sujets avec des troubles moteurs ne développement ni TSA ni de difficultés sociales ; ex : myopathie, paralysies...), il apparaît aujourd'hui comme essentiel de développer des procédures impliquant le système moteur et la synchronisation inter- personnelle dans la rééducation des personnes avec TSA.

### **Exemples d'interventions sur le mouvement : avec et sans robot**

**Exemple de l'intervention sur le mouvement.** Conformément à cette sollicitation, Koehne a entrepris de tester l'efficacité des interventions fondées sur le mouvement et la synchronisation interpersonnelle. 55 adultes avec TSA (QI  $\geq$  85) étaient repartis en deux groupes : (1) un groupe expérimental qui bénéficiait de 10 séances d'intervention (90 min chacune, une par semaine) axées sur l'imitation et la synchronisation perceptivo-motrice interpersonnelle et (2) un groupe témoin simplement soumis à une intervention centrée sur la coordination motrice individuelle. L'intervention centrée sur la synchronisation impliquait des exercices d'action conjointe produits soit dans la situation

d'improvisation, soit dans la situation de reproduction d'une danse. Pour témoigner de l'évolution des participants, des tests (1) d'identification des émotions sur des visages photographiés, (2) de compréhension du point de vue des autres, (3) d'imitation automatique et (4) de synchronisation interpersonnelle ont été appliqués avant et après l'intervention. Les analyses ont montré un progrès significativement plus marqué du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle dans le test de l'inférence émotionnelle, de l'imitation automatique et de synchronisation interpersonnelle. La synchronisation permettrait de promouvoir certaines habiletés sociales chez des personnes avec TSA, un effet nécessitant une investigation plus poussée.

**Exemple de l'intervention sur le mouvement assisté par la robotique.** Srinivasan et al., (2015) a proposé aux enfants TSA (N = 36) un entraînement de huit semaines, fondé sur les principes de ABA et visant l'amélioration de motricité globale ou fine. Trois groupes d'enfants ont été constitués : le groupe robot, le groupe rythme et le groupe de comparaison. Dans le groupe rythme et robot les enfants étaient engagés dans exercices encourageant la motricité globale et la synchronisation interpersonnelle, tels que le jeu de battement sur un tambour ou le jeu de marche en synchronie etc. Dans le groupe de comparaison les enfants étaient impliqués dans des activités sur table favorisant la motricité fine et les compétences académiques, tels que le coloriage ou le collage. Les résultats ont montré que les enfants appartenant au groupe rythme et au groupe robot ont progressé en motricité globale, ceux du groupe de comparaison en motricité fine. Tous les groupes ont progressé en imitation. Il n'y avait pas de différence significative entre le groupe rythme et robot.

## Conclusion

---

L'acquisition de compétences sociales peut sembler simple et naturelle chez des personnes neurotypiques mais cet apprentissage s'avère moins évident chez les personnes TSA. De nombreuses particularités sont présentes au niveau de la capacité de perception, d'élaboration et d'émission de comportements verbaux ou non-verbaux, et peuvent ainsi expliquer leurs difficultés d'apprentissage des compétences sociales. Puisque les anomalies de synchronisation interpersonnelle sont liées aux anomalies sociales du TSA et que le niveau de synchronisation motrice sociale spontanée au même titre que la compréhension des intentions sociale est corrélée à la capacité de réponse à l'attention conjointe, à la coopération et à la théorie de l'esprit (Romero et al., 2018), il semble pertinent de proposer des rééducations utilisant la synchronisation motrice dans un contexte social dans l'objectif d'améliorer les compétences social.

## Fiches de lecture

---

Ces 11 fiches de lecture sont extraites de la bibliographie générale. Elles ont été choisies pour leur pertinence au regard de leur capacité à apporter des pistes concrètes concernant les projets d'assistance robotique et les interventions motrices dans la rééducation des fonctions sociales chez des personnes porteuses du Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA).

Chaque fiche contient un lien vers la notice complète et les documents sur la base documentaire de la FIRAH.

## **Fiche 1. How to Implement Robots in Interventions for Children with Autism? A Co-creation Study Involving People with Autism, Parents and Professionals**

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### **Référence**

Huijnen, C.A.G.J., Lexis, M.A.S., Jansens, R. et al. J Autism Dev Disord (2017). How to Implement Robots in Interventions for Children with Autism? A Co-creation Study Involving People with Autism, Parents and Professionals, Journal of Autism and Developmental Disorders, 47(10), 3079–3096.

### **Mots-clefs**

Sciences humaines et sociales, sciences de l'ingénieur ou réadaptation, Autisme et robotique, Troubles du Spectre de l'Autisme, International (Les Pays-Bas)

### **Résumé**

The aim of this study was to gain insight into how robots can be practically implemented into current education and therapy interventions for children with autism spectrum disorder (ASD). This qualitative study included focus groups and co-creation sessions. 73 Participants (professionals and adults with ASD) took part in 13 focus groups to elicit requirements for robot assisted interventions. Additionally, 22 participants (professionals, parents of children with ASD and adults with ASD) generated ideas for interventions using robot KASPAR in three co-creation sessions. This study resulted in: an overview of requirements concerning the robot, end-user, environment and practical implementation; a template to systematically describe robot interventions in general and for KASPAR in particular; and finally new interventions.

### **Commentaire**

Cette étude présente un très grand intérêt car elle implique activement les cliniciens/praticiens, les personnes avec TSA et leurs parents dans le processus de création de nouvelles interventions avec un robot. Le but de l'article était d'examiner comment le robot pouvait être intégré dans les interventions avec les personnes TSA afin de contribuer à l'atteinte des objectifs thérapeutiques et éducatifs des professionnels.

Des groupes de discussions ont été formés afin d'identifier les besoins et les exigences en matière d'intervention ainsi que les principaux éléments à inclure dans un modèle d'intervention créés par les

participants (par exemple : nom, objectifs éducatifs selon les besoins de l'enfant, description détaillée des caractéristiques de l'enfant...). Outre les exigences liées au robot (comme l'apparence, l'utilisation de la voix, le fonctionnement, le comportement, les attributs/boîte à outils du robot), les participants ont mis en avant la nécessité de la personnalisation du robot en fonction des besoins de chaque enfant.

Suite aux 13 sessions de discussion (de 2h chacune), des sessions de cocréations ont été proposées afin de créer de nouvelles interventions assistées par le robot. 10 nouvelles interventions avec le robot ont été créés en incluant les exigences identifiées par les groupes de discussion.

Cette étude va au-delà des travaux portant uniquement sur l'interaction entre robots et humains. Elle souligne l'importance, pour la recherche en robotique, de rester sensible aux exigences des utilisateurs finaux et de se rapprocher de l'intégration clinique dans des interventions avec robot.

## **Fiche 2. An exploration of sensory and movement differences from the perspective of individuals with autism**

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### **Référence**

Robledo J, Donnellan AM and Strandt-Conroy K (2012). An exploration of sensory and movement differences from the perspective of individuals with autism. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 6, 107. doi: 10.3389/fnint.2012.00107

### **Mots-clefs**

Sciences humaines et sociales, réadaptation Témoignage des personnes avec TSA, Trouble du Spectre de l'Autisme, International (Etats-Unis)

### **Résumé**

Parents, teachers, and people who themselves experience sensory and movement differences have consistently reported disturbances of sensation and movement associated with autism. Our review of the literature has revealed both historical and recent references to and research about sensory and movement difference characteristics and symptoms for individuals with autism. What is notably infrequent in this literature, however, is research that highlights the perspective of the individual with autism. If we wish to truly understand the experience of sensory and movement differences for individuals with autism, we must explore their experiences and perspectives. This study presents a qualitative analysis of more than 40h in-depth inquiry into the lives of five individuals with the autism label. Data were sorted into six categories: perception, action, posture, emotion, communication, and cognition. The insights into sensory and movement differences and autism offered by these individuals was illuminating. We found that the data strongly supported the presence of disruption of organization and regulation of sensory and movement differences in the lived experience of these participants with autism. The present data suggests that in autism this disruption of organization and regulation is amplified in terms of quantity, quality, intensity, and may affect everyday life. These data contribute to a more expansive view of autism that incorporates the possibility that autism is a disorder that affects motor planning, behavior, communication, the sensory motor system, and the dynamic interaction of all of these.

## Commentaire

Le très grand intérêt de ce travail concerne l'analyse des témoignages de personnes avec TSA. Conformément à notre hypothèse, les données suggèrent que le TSA peut être lié à une anomalie dans l'organisation dynamique des flux d'information dans le système neuro-musculo- squelettique.

L'objectif de cette étude était de décrire l'expérience des différences sensorielles et motrices des TSA dans plusieurs domaines : la perception (audition, vision, toucher), l'action, la posture, l'émotion, la communication, la cognition.

Les données confirment la présence de perturbation dans l'organisation et la régulation des différences sensorielles et motrices vécues par les TSA. Cette perturbation, parfois présente chez les sujets neurotypiques en développement, diffère en termes de quantité, de qualité et d'intensité ; de plus, elle peut affecter la vie quotidienne des TSA. Elle dépend également du contexte qui change constamment ainsi que d'autres facteurs tels que l'état émotionnel du sujet et les stimuli environnementaux.

Pour citer quelques exemples : concernant l'audition, certains TSA évoquent des sons provoquant des douleurs physiques et de l'anxiété (pour Matt, TSA : réactions douloureuses face aux coups de feu, aux moteurs puissants et aux orchestres de cuivre). Par rapport aux émotions, les participants notent des difficultés d'expression, de contrôle, d'identification et de changement des émotions.

Les auteurs mettent en avant l'importance d'inclure le point de vue et l'expérience des personnes autistes qui vivent ces différences sensorielles et motrices, mais aussi la nécessité de personnaliser les interventions éducatives/médicales (Luria, 1932/1974 ; Sacks, 1990).

Ils soulignent également les difficultés liées à la collecte de ce type des données (difficultés à décrire son expérience) et proposent des pistes de recherche, notamment en ce qui concerne les différentes hommes/femmes, TSA verbaux/non verbaux et le contexte socio- économique.

### Fiche 3. Fostering Social Cognition through an Imitation and Synchronization-Based Dance/Movement Intervention in Adults with Autism Spectrum Disorder: A Controlled Proof-of-Concept Study

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

#### Référence

Koehne, S. Behrends, A. Fairhurst, M., & Dziobek, I. (2016). Fostering Social Cognition through an Imitation and Synchronization-Based Dance/Movement Intervention in Adults with Autism Spectrum Disorder: A Controlled Proof-of-Concept Study. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 85, 27–35.

#### Mots-clés

Sciences humaines et sociales, réadaptation, Thérapie du TSA, synchronisation interpersonnelle, Troubles du Spectre de l'Autisme, Europe

#### Résumé

Since social cognition is impaired in individuals with autism spectrum disorder (ASD), this study aimed at establishing the efficacy of a newly developed imitation and synchronization-based dance/movement intervention (SI-DMI) in fostering emotion inference and empathic feelings (emotional reaction to feelings of others) in adults with high-functioning ASD.

**Methods:** Fifty-five adults with ASD ( $IQ \geq 85$ ) who were blinded to the aim of the study were assigned to receive either 10 weeks of a dance/movement intervention focusing on interpersonal movement imitation and synchronization (SI-DMI,  $n = 27$ ) or a control movement intervention (CMI,  $n = 24$ ) focusing on individual motor coordination (2 participants from each group declined before baseline testing). The primary outcome measure was the objective Multifaceted Empathy Test targeting emotion inference and empathic feelings. Secondary outcomes were scores on the self-rated Interpersonal Reactivity Index. The well-established automatic imitation task and synchronization finger-tapping task were used to quantify effects on imitation and synchronization functions, complemented by the more naturalistic Assessment of Spontaneous Interaction in Movement.

**Results:** Intention-to-treat analyses revealed that from baseline to 3 months, patients treated with SI-DMI showed a significantly larger improvement in emotion inference ( $d = 0.58$ ), but not empathic

feelings, than those treated with CMI ( $d = -0.04$ ). On the close generalization level, SI-DMI increased synchronization skills and imitation tendencies, as well as whole-body imitation/synchronization and movement reciprocity/dialogue, compared to CMI.

**Conclusions:** SI- DMI can be successful in promoting emotion inference in adults with ASD and warrants further investigation.

### Commentaire

Les auteurs ont mis en place une intervention danse/mouvement basée sur l'imitation et la synchronisation (SI-DMI), décrite dans cet article. Leur principal objectif était de montrer que cette intervention améliorerait les processus sociocognitifs (inférence des émotions et prise de perspective) et socio-affectifs (empathie) par rapport à une intervention de contrôle du mouvement (CMI)

55 participants de 18 à 55 ans avec TSA ont participé à 3 sessions de 90 minutes. Cette intervention SI-DMI semble favoriser l'inférence des émotions chez les sujets TSA comparé à l'intervention CMI ; il y'avait une tendance à l'imitation et des capacités de synchronisation accrues. De plus, elle n'exige pas de stratégies cognitives et pourrait donc être appliquée pour des sujets TSA au QI plus faible (à vérifier dans de prochaines études). Toutefois, aucune amélioration n'est remarquée au niveau socioaffectif (sentiment d'empathie)

L'amélioration des capacités de synchronisation des mouvements (pour l'intervention SI-DMI) était observée lors d'une interaction avec un partenaire humain mais pas avec un partenaire virtuel, ce qui souligne la nature sociale des changements observés chez les participants.

Il semblerait ainsi que la synchronisation et l'imitation des mouvements interpersonnels puissent constituer un objectif de travail pour les interventions sociocognitives auprès des TSA.

## **Fiche 4. Representing intentions in self and other: studies of autism and typical development**

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### **Référence**

Williams, D., & Happe, F. (2010). Representing intentions in self and other: studies of autism and typical development. *Developmental Science* 13:2 (2010), pp 307–319

### **Mots-clés**

Sciences humaines et sociales, sciences de l'ingénieur ou réadaptation, Intentions sociales, Troubles du Spectre de l'Autisme, International, Medical Research Council Studentship award

### **Résumé**

Two experiments were conducted to explore the extent to which individuals with Autism Spectrum Disorder (ASD), as well as young typically developing (TD) children, are explicitly aware of their own and others' intentions. In Experiment 1, participants with ASD were significantly less likely than age- and ability-matched comparison participants to correctly recognize their own knee-jerk reflex movements as unintentional. Performance on this knee-jerk task was associated with performance on measures of false belief understanding, independent of age and verbal ability, in both participants with ASD and TD children. In Experiment 2, participants with ASD were significantly less able than comparison participants to correctly recognize their own or another person's mistaken actions as unintended, in a 'Transparent Intentions' task (Russell & Hill, 2001; Russell, Hill & Franco, 2001). Performance on aspects of the Transparent Intentions task was associated with performance on measures of false belief understanding, independent of age and verbal ability, in both participants with ASD and TD children. This study suggests that individuals with ASD have a diminished awareness of their own and others' intentions and that this diminution is associated with other impairments in theory of mind.

### **Commentaire**

Cette étude permet de mieux comprendre l'origine des difficultés et l'expérience vécue des personnes avec TSA.

A travers leurs expériences, les auteurs ont pu mettre en lumière que les personnes avec TSA n'ont pas seulement des difficultés à identifier les états mentaux des autres, conformément à la théorie de Baron- Cohen (1995), mais également des difficultés à reconnaître les états mentaux qui leurs sont propres. En effet, à l'aide d'une tâche de réflexe du genou et d'une tâche d'"intention transparente" ("Transparent Intention Task"), les auteurs ont pu observer que les sujets TSA étaient moins enclins à reconnaître leurs mouvements réflexes comme involontaires ou les actions erronées comme non intentionnelles.

De plus, cette altération de la compréhension de leurs mouvements, de leurs propres états intentionnels, serait directement liée au déficit de théorie de l'esprit (faible performance dans la tâche des fausses croyances). Ces résultats supportent l'idée que la reconnaissance des intentions et des fausses croyances dépendrait du même mécanisme de représentation. Cette relation est également retrouvée chez les sujets neurotypiques. Ces résultats vont à l'encontre des modèles de "mindreading" postulant l'existence de processus distincts pour se représenter ses propres états mentaux et ceux des autres (Nichols & Stich, 2003; Raffman, 1999)

Ainsi, non seulement la connaissance des autres mais également la connaissance/la conscience de soi serait affectée, ou du moins certains aspects tel que la métacognition.

Cette spécificité pourrait détériorer la détection des motifs qui guident les actions et donc l'apprentissage.

## **Fiche 5. The Effects of Rhythm and Robotic Interventions on the Imitation/Praxis, Interpersonal Synchrony, and Motor Performance of Children with Autism Spectrum Disorder (ASD): A Pilot Randomized Controlled Trial**

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### **Référence**

Srinivasan, Sudha & Kaur, Maninderjit & K. Park, Isabel & Gifford, Timothy & Marsh, Kerry & Bhat, Anjana. (2015). The Effects of Rhythm and Robotic Interventions on the Imitation/Praxis, Interpersonal Synchrony, and Motor Performance of Children with Autism Spectrum Disorder (ASD): A Pilot Randomized Controlled Trial. *Autism Research and Treatment*. 2015. 1-18. 10.1155/2015/736516.

### **Mots-clés**

Sciences humaines et sociales, sciences de l'ingénieur ou réadaptation, Autisme, robotique, rythme, Troubles du Spectre de l'Autisme, International (Etats-Unis), The National Institute of Mental Health

### **Résumé de l'auteur**

We assessed the effects of three interventions, rhythm, robotic, and standard-of-care, on the imitation/praxis, interpersonal synchrony, and overall motor performance of 36 children with Autism Spectrum Disorder (ASD) between 5 and 12 years of age. Children were matched on age, level of functioning, and services received, prior to random assignment to one of the three groups. Training was provided for 8 weeks with 4 sessions provided each week. We assessed generalized changes in motor skills from the pretest to the posttest using a standardized test of motor performance, the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, 2nd edition (BOT-2). We also assessed training-specific changes in imitation/praxis and interpersonal synchrony during an early and a late session. Consistent with the training activities practiced, the rhythm and robot groups improved on the body coordination composite of the BOT-2, whereas the comparison group improved on the fine manual control composite of the BOT-2. All three groups demonstrated improvements in imitation/praxis. The rhythm and robot groups also showed improved interpersonal synchrony performance from the early to the late session. Overall, socially embedded movement-based contexts are valuable in promoting imitation/praxis, interpersonal synchrony, and motor performance and should be included within the standard-of-care treatment for children with ASD.

## Commentaire

A notre connaissance, il s'agit de l'unique étude évaluant à la fois l'effet des interventions rythmiques et des interventions robotiques sur la motricité des enfants avec TSA. L'objectif était d'explorer les effets de ces

2 interventions (robotique et rythmique) de 8 semaines sur la performance motrice globale, l'imitation/les praxies et les compétences en synchronisme interpersonnel de 36 enfants TSA âgés de 5 à 12 ans.

Dans les groupes d'intervention rythmique et robotique, des améliorations sont observées au niveau de la motricité globale (coordination du corps) mais pas au niveau du contrôle manuel fin. Il y'a une diminution du nombre d'erreurs d'imitation/de praxies et une amélioration des compétences en synchronisme interpersonnel du début à la fin de la session. Dans le groupe d'intervention robotique, les auteurs mettent en avant le rôle du robot dans l'amélioration des performances motrices. Ils notent également une amélioration des capacités des enfants TSA à coordonner leurs actions avec des partenaires sociaux.

Dans le groupe témoin, des améliorations sont observées au niveau de la motricité fine et de l'imitation mais pas au niveau de la motricité globale.

Le texte propose des routines d'entraînement permettant de promouvoir cet apprentissage (ex : jeu de batterie, jeu de balancement du corps, marcher et applaudir, marcher en synchronie avec un partenaire, chanter avec un partenaire etc.). Il s'agit d'activités agréables, pouvant être utilisées pour promouvoir la motricité globale dans cette population. De plus, les compétences acquises au cours des sessions de formation étaient également présentes dans de nouveaux contextes.

Les auteurs abordent toutefois les limites du robot dans leur étude : répertoire de mouvements limité (absence d'actions complexes et de motricité fine), mouvements plus lents, moins variés et moins précis que l'humain. Le robot est donc à utiliser dans des thérapies complémentaires.

## Fiche 6. Use of Technology in Interventions for Children with Autism

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### Référence

Goldsmith, T. R., & LeBlanc, L. A. (2004). Use of technology in interventions for children with autism. *Journal of Early and Intensive Behavior Intervention*, 1(2), 166-178.

### Mots-clefs

Sciences humaines et sociales, sciences de l'ingénieur ou réadaptation, Interventions basées sur la technologie, réalité virtuelle, robotique, Trouble du Spectre de l'Autisme, Etats-Unis

### Résumé

A growing number of studies have investigated diverse applications of technology-based interventions with children with autism. The purpose of this paper is to review the growing empirical support for the efficacy of technology-based interventions with children with autism and to recommend future directions for research. This review will focus on five examples of technology introduced as a temporary instructional aid to be removed once the goal of behavior change has been met : (a) tactile and auditory prompting devices, (b) video-based instruction and feedback, (c) computer-aided instruction, (d) virtual reality, and (e) robotics. Future directions for research and practice with each technology are discussed.

### Commentaire

Cet article passe en revue plusieurs recherches soutenant l'efficacité des interventions basées sur les technologies auprès des enfants TSA. Les auteurs abordent l'utilisation d'outils/dispositifs électromécaniques auprès de cette population (téléphones, ordinateurs, équipements d'enregistrement vidéo...). Leur analyse porte sur des recherches présentant 5 types de technologies introduites afin d'apporter une aide pédagogique temporaire : systèmes de guidages mécaniques (auditif et tactile), vidéo, interventions avec des ordinateurs, réalité virtuelle, robotique.

L'analyse des études montre que les interventions basées sur ces technologies sont utiles et attrayantes pour les enfants TSA : la robotique permet de créer un environnement social simplifié et le robot peut accroître progressivement la complexité des interactions sociales. Les ordinateurs permettent de travailler sur diverses compétences (reconnaissance des émotions, améliorer le

vocabulaire, améliorer les compétences de lecture et de communication...). La vidéo est une technologie facilement accessible pour parents, les éducateurs, les cliniciens...

Les résultats préliminaires concernant l'efficacité, la rentabilité et l'agréabilité de ce type d'intervention sont également prometteurs, en comparaison aux interventions plus traditionnelles.

Les auteurs mettent en avant la place importante de ces technologies dans notre société mais précisent toutefois que certaines d'entre elles ne sont pas encore largement accessibles de par leur coût et l'expertise requise par les professionnelles pour les utiliser.

Les auteurs soulignent ainsi la nécessité d'une collaboration entre cliniciens, chercheurs, programmeurs et ingénieurs afin que les acteurs de terrain se familiarisent avec ces technologies et apportent leurs points de vue dans la création ou la modification d'outils.

## Fiche 7. Understanding Therapists' Needs and Attitudes Towards Robotic

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### Référence

Zubrycki, I. & Granosik, G. *Int J of Soc Robotics* (2016). Understanding Therapists' Needs and Attitudes Towards Robotic Support. *The Roboterapia Project*. 8(4), 553–563.

### Mots-clefs

Sciences humaines et sociales, sciences de l'ingénieur ou réadaptation, Environnement robotisé, besoins des thérapeutes, autisme, Trouble du Spectre de l'Autisme, Pologne,

### Résumé

Robots have been recently used as valuable therapeutic devices in numerous studies (especially with children with developmental needs), but their role as more general support for therapists is less well studied. However, as robots become better integrated in therapeutic environments, they will also influence therapists; and if robots are designed correctly, they could positively influence therapists' well-being. Understanding how robots could be used in such a way is especially important as therapists of autistic children (and therapists of mentally disabled people in general) have one of the highest risks of workplace burnout. This paper describes a series of studies conducted to understand therapists' attitudes towards robotic support and to discover what is most needed in such devices ; this paper also describes an experimental study of the feasibility of robots playing one of those roles. Through observational studies and a series of ten meetings, with a group of seven therapists of autism, a list of possible roles was created. In a larger questionnaire based study, therapists gave a ranking to various robot roles and functions (a child's behavior analyser and support in critical/dangerous situations were given the highest priority). Therapists also stated that they expect robots to help them in the workplace, help prepare documentation and make their work more systematic. In a Wizard-of-Oz type experimental study, a robot was used to play a role of "emotional mirror" with seven therapist-child pairs. Study participants stated that a robot was acceptable and was not disturbing, although most did not find it particularly useful. Our conclusions indicate that therapists want robots to play a larger role than just a therapeutic device, and such roles can be added to robots without disturbing sessions with clients.

## Commentaire

Alors que la plupart des travaux sur l'assistance robotique cherche à affecter au robot le rôle de l'aide-thérapeute, du camarade de jeu ou d'un outil éducatif, les thérapeutes de cette étude présentent un intérêt pour des robots répondant à leurs propres besoins.

Les auteurs de cette étude ont souhaité comprendre le contexte de travail des thérapeutes et étudier un scénario dans lequel les robots seraient utilisés comme assistant, afin d'aider le professionnel dans un environnement thérapeutique. Le but était de mettre en avant les besoins des thérapeutes en matière d'assistance robotique et de dégager des fonctions à appliquer aux robots.

Les différents professionnels ayant participé à la recherche pensent que le robot peut jouer un autre rôle que celui d'outil thérapeutique. Lors de l'étude expérimentale menée par les auteurs, le robot avait un rôle de soutien pour le thérapeute, il faisait office de miroir émotionnel.

Selon les professionnels, les robots permettraient une diminution de la charge de travail, ils fourniraient également un feedback et amélioreraient la valeur de leur travail. Ils pourraient également être utilisés dans des situations stressantes ou dangereuses pour attirer par exemple l'attention d'un enfant agressif.

Les auteurs soulignent la nécessité de créer un robot pouvant être contrôlé par les thérapeutes, facile à utiliser et abordable en termes de coût. Cette étude permet d'envisager d'autres rôles pouvant être endossés par les robots grâce à la participation de plusieurs acteurs de terrains qui ont pu déterminer leurs besoins.

## Fiche 8. Imitation of Intentional and Accidental Actions by Children with Autism

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### Référence

D'Entremont, B., & Yazbek, A. (2006). Imitation of Intentional and Accidental Actions by Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(9), 1665–1678.

### Mots-clés

Sciences Humaines et Sociales Imitation, intention, attention conjointe, cognition sociale , Trouble du Spectre de l'Autisme, (Canada)

### Résumé

To determine whether children with autism (CWA) would selectively imitate intentional, as opposed to accidental actions, an experimenter demonstrated either an “intentional” and an “accidental” action or two “intentional” actions on the same toy [Carpenter, Akhtar & Tomasello (1998a) *Infant Behavior and Development*, 21, 315–330]. CWA tended to imitate the experimenter exactly. Children with developmental delay and older typically developing children (TD) reproduced only the intentional action as often as they imitated the experimenter exactly. Younger TD mostly produced only the intentional action. It is concluded that, contrary to comparison groups, the CWA did not show an appreciation of the model's intentions. Results are discussed in terms of theories of social cognition.

### Commentaire

L'enjeu de cette étude est d'évaluer la compréhension des intentions sociales d'enfants TSA en comparaison à celle d'enfants avec un retard de développement global et d'enfants neurotypiques.

A travers une tâche d'imitation d'actions intentionnelles ou accidentelles (avec jouet), les auteurs ont pu mettre en évidence que les enfants TSA ne répondaient pas sur la base des intentions de l'expérimentateur mais davantage afin de reproduire l'action/l'état final de l'objet. Ils avaient tendance à exécuter les mêmes actions dans le même ordre, là où les enfants avec un retard de développement global et les enfants neurotypiques imitaient d'avantage les actions intentionnelles.

Les auteurs mettent également en avant un « effet projecteur » : les actions des adultes ont attiré l'attention de l'enfant sur certains aspects du jouet, ce qui permettait à l'enfant de déterminer quelles actions pouvaient être produites sur ce jouet.

Les résultats excluent toutefois une simple imitation sans prise en compte de l'objectif, étant donné que les enfants anticipaient les résultats et reproduisaient les actions dans le même ordre et non de façon aléatoire.

Ces observations sont mises en lien avec les capacités d'attention conjointe et de théorie de l'esprit mais également avec la motivation sociale et son rôle dans la compréhension des intentions. Malgré un échantillon de petite taille, cette étude fournit des informations sur la capacité des enfants TSA à prêter attention et à répondre aux intentions des autres lors d'une tâche nécessitant d'être attentif aux comportements verbaux et non verbaux de l'expérimentateur. Plusieurs pistes de recherches sont proposées pour les futures études portant sur le sujet (effet de la motivation sociale, protocole pour enfants non-verbaux, influence de la planification motrice...).

## Fiche 9. A Further Investigation of Goal-Directed Intention Understanding in Young Children with Autism Spectrum Disorders

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### Référence

Berger, N. I., & Ingersoll, B. (2014). A Further Investigation of Goal- Directed Intention Understanding in Young Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(12), 3204–3214.

### Mots-clefs

Sciences Humaines et Sociales Autisme, compréhension des intentions, cognition sociale, Trouble du Spectre de l'Autisme (Etats-Unis)

### Résumé de l'auteur

Findings from research investigating goal-directed intention understanding in children with autism spectrum disorders (ASD) have been equivocal, in part because of the varying methodologies used across studies. This study compares both object-oriented and social-communicatively cued goal-directed intention understanding in children with ASD and typically-developing children. Relative to matched controls, children with ASD did not exhibit deficits in object-oriented intention understanding. While children with ASD also demonstrated the ability to understand intention when cued by social-communication indicators, typically-developing children differentiated between intentional and unintentional acts at a significantly greater level. Group differences in performance were eliminated if only trials in which children attended to the experimenter's face were considered. Results suggest that children with ASD have intact object-oriented intention understanding abilities and are able to use social-communicative cues to understand intention. However, their ability to demonstrate social-communicatively cued intention understanding is limited by a lack of attention to relevant social-communicative information.

### Commentaire

Cette étude apporte des éléments sur la compréhension des intentions dirigées vers un but par les enfants TSA, à la fois dans une tâche orientée vers un objet (tâche de Meltzoff) et dans une tâche avec

des indices de communication sociale (tâche de Behne et al. : « unwilling/unable »). Il s'agirait de la première étude à comparer les performances à ces deux types d'épreuves.

Les auteurs observent que les enfants TSA de leur échantillon ne présentent pas de déficits de compréhension de l'intention dirigée vers un but dans la tâche de Meltzoff. De plus, ils seraient capables d'utiliser des indices de communication sociale pour comprendre les intentions.

Toutefois, ils éprouvaient des difficultés à distinguer les deux conditions (réticent/incapable) dans la tâche de Behne et al. Ces résultats semblent indiquer qu'il existerait certains facteurs influençant la compréhension des intentions indépendamment d'une compréhension cognitive des actions dirigées vers un but. Les enfants TSA seraient limités dans leur utilisation de cette capacité socio-cognitive de part le manque d'attention qu'ils portent aux stimuli sociaux pertinents contrairement aux enfants neurotypiques qui utilisent plus efficacement ces indices.

Les résultats sont discutés en termes de motivation sociale et de théorie socio-cognitive de l'autisme mais également d'exigence de la tâche.

L'article est intéressant car il permet une compréhension plus nuancée de la façon dont les enfants TSA comprennent les intentions grâce aux différentes exigences retrouvées dans ces tâches.

## Fiche 10. Helping and Cooperation in Children with Autism

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### Référence

Liebal K., Colombi C., Rogers S., Warneken F., Tomasello M. (2008). Helping and cooperation in children with autism. *J. Autism Dev. Disord.* 38 224–238. 10.1007/s10803-007-0381-5

### Mots clefs

Sciences Humaines et Sociales, Aide, coopération, autisme, Trouble du Spectre de l'Autisme, Allemagne, Etats Unis

### Résumé de l'auteur

Helping and cooperation are central to human social life. Here, we report two studies investigating these social behaviors in children with autism and children with developmental delay. In the first study, both groups of children helped the experimenter attain her goals. In the second study, both groups of children cooperated with an adult, but fewer children with autism performed the tasks successfully.

When the adult stopped interacting at a certain moment, children with autism produced fewer attempts to re-engage her, possibly indicating that they had not formed a shared goal/shared intentions with her. These results are discussed in terms of the prerequisite cognitive and motivational skills and propensities underlying social behavior.

### Commentaire

Cet article présente 2 expériences visant à étudier l'aide et la coopération chez les enfants TSA de 24-60 mois. Les auteurs ont développé deux expériences adaptées des tâches de Warneken et Tomasello (2006) : la première évalue l'aide (elle implique la compréhension des buts et la motivation), l'expérimentateur présente des difficultés pour saisir un objet hors de portée ; la deuxième expérience évalue la coopération (les enfants interagissent avec un adulte qui, à certains moments prédéterminés, cesse de jouer son rôle)

Dans cette étude, les enfants TSA présentent des difficultés dans les tâches de coopération (contrairement aux tâches d'aide où les enfants montrent des capacités et une motivation à aider le partenaire). Ils montrent des performances moindres mais aussi moins de comportements dirigés vers le partenaire et peu de tentatives de communication avec contact visuel. Cela rejoint la théorie de

Tomasello qui stipule qu'il y'a une altération de la compréhension du rôle du partenaire dans la dyade coopérative chez ces sujets.

Ces résultats sont expliqués par les difficultés de cette population à cet âge à se coordonner (coordonner leurs mouvements) avec un partenaire dans un but commun, ainsi qu'à former des objectifs partagés avec d'autre impliquant des intentions/une communication commune(s). Les résultats sont également mis en lien avec les difficultés de communication, d'initiative, d'imitation et de motivation retrouvées chez les personnes avec un TSA.

Cet article présente 2 expériences visant à étudier l'aide et la coopération chez les enfants TSA de 24-60 mois. Les auteurs ont développé deux expériences adaptées des tâches de Warneken et Tomasello (2006) : la première évalue l'aide (elle implique la compréhension des buts et la motivation), l'expérimentateur présente des difficultés pour saisir un objet hors de portée ; la deuxième expérience évalue la coopération (les enfants interagissent avec un adulte qui, à certains moments prédéterminés, cesse de jouer son rôle)

Dans cette étude, les enfants TSA présentent des difficultés dans les tâches de coopération (contrairement aux tâches d'aide où les enfants montrent des capacités et une motivation à aider le partenaire). Ils montrent des performances moindres mais aussi moins de comportements dirigés vers le partenaire et peu de tentatives de communication avec contact visuel. Cela rejoint la théorie de Tomasello qui stipule qu'il y'a une altération de la compréhension du rôle du partenaire dans la dyade coopérative chez ces sujets.

Ces résultats sont expliqués par les difficultés de cette population à cet âge à se coordonner (coordonner leurs mouvements) avec un partenaire dans un but commun, ainsi qu'à former des objectifs partagés avec d'autre impliquant des intentions/une communication commune(s). Les résultats sont également mis en lien avec les difficultés de communication, d'initiative, d'imitation et de motivation retrouvées chez les personnes avec un TSA.

Cet article propose plusieurs pistes de recherches tout au long de la lecture mais aussi des activités pour les acteurs de terrain dans le cadre d'interventions sur le développement social des enfants TSA.

## Fiche 11. Understanding of Intentions in Children with Autism Spectrum Disorder and Intellectual Disability

---

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

### Référence

Peters-Scheffer, N., Didden, R., Korzilius, H., & Verhoeven, L. (2018). Understanding of Intentions in Children with Autism Spectrum Disorder and Intellectual Disability. *Advances in Neurodevelopmental Disorders, 2*(1), 3–15.

### Mots clefs

Sciences humaines et sociales, Autisme, déficience intellectuelle, intentions sociales, imitation, Trouble du Spectre de l'Autisme, Déficience Intellectuelle, (Pays-Bas)

### Résumé de l'auteur

This study investigates the understanding of intentions in 100 children with autism spectrum disorder (ASD) and intellectual disability (ID; mean IQ 36) between 2 and 10 years of age. A within-subject design with two conditions was used. In the target condition, the experimenter successfully performed the task; while in the unfulfilled attempt condition, the experimenter attempted but did not successfully complete the task. Children with ASD and ID completed the tasks significantly more frequently and showed less off-task behavior in the target condition than in the unsuccessful attempt condition, which might indicate that children with ASD and ID experience difficulty in understanding the intentions of others. Successful completion of the task after an unsuccessful attempt is predicted by the ability to imitate and behavioral inflexibility and is associated with better performance on receptive and expressive language tests. The latter results are in line with several other studies suggesting a relation between the understanding of intentions and early social communication and language.

### Commentaire

Cette récente étude s'intéresse à la compréhension des intentions chez les enfants TSA avec une déficience intellectuelle (DI). Les auteurs se posent ici la question des compétences associées à la compréhension des intentions. De plus, ils souhaitent explorer la relation entre cette compréhension des intentions et le langage. Plusieurs pistes de recherches sont proposées tout au long de l'article.

Cette étude met en lumière que les enfants avec TSA/DI démontraient d'avantages de comportements cibles dans la condition où l'expérimentateur modélisait lui-même ces comportements par rapport à la condition de tentative infructueuse. Cela laisse sous-entendre que ces enfants ont des difficultés à interpréter les intentions d'autrui. De plus, la fréquence du comportement cible augmenterait avec l'âge de développement. Les auteurs reconnaissent toutefois qu'au vu de l'absence d'un groupe contrôle, il est impossible de conclure sur un déficit de compréhension de l'intention chez ces enfants.

L'article met en évidence l'existence d'un lien entre sévérité de l'autisme (mesurée par l'ADOS) et compréhension des intentions mais aussi entre rigidité comportementale et compréhension des intentions (la rigidité comportementale envers les objets était positivement associée à la compréhension des intentions)

Enfin, les auteurs suggèrent qu'il existe une relation entre la compréhension des intentions et l'acquisition du langage ainsi qu'une communication sociale précoce chez ces enfants. Toutefois, aucune information n'a été recueillie sur l'histoire des sujets (concernant le langage et la communication) ce qui empêche l'interprétation des associations trouvées entre les variables et représente le point faible de cet article.

### Thématique: Robotique et TSA

---

- ❖ Begum, M., Serna, R. W., &Yanco, H. A. (2016). [Are Robots Ready to Deliver Autism Interventions? A Comprehensive Review](#). *International Journal of Social Robotics*, 8(2), 157–181.

Revue de littérature critique, visant à faire le point sur les travaux sur des robots destinés aux enfants avec TSA

- ❖ Bekele, E., Crittendon, J. A., Swanson, A., Sarkar, N., & Warren, Z. E. (2014). [Pilot clinical application of an adaptive robotic system for young children with autism](#). *Autism*, 18(5), 598–608.

Article décrivant des résultats d'une étude pilote testant les effets d'interaction entre les robots et les enfants TSA

- ❖ Cabibihan, J.-J., Javed, H., Ang, M., &Aljunied, S. M. (2013). [Why Robots? A Survey on the Roles and Benefits of Social Robots](#) in the Therapy of Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*, 5(4), 593–618

Revue de littérature visant à faire le point sur les travaux sur des robots destinés aux enfants avec TSA

- ❖ Dautenhahn, K. (1999). [Robots as social actors: aurora and the case of autism](#). *Proceedings of theInternational CognitiveTechnology Conference*, p 359-374.

Un des premiers documents consacré aux développements des robots destinés aux TSA

- ❖ Diehl, J. J., Schmitt, L. M., Villano, M., & Crowell, C. R. (2012). [The clinical use of robots for individuals with Autism Spectrum Disorders: A critical review](#). *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(1), 249–262.

Article de synthèse visant à faire le point sur les travaux sur des robots destinés aux enfants avec TSA

- ❖ Huijnen, C. A. G. J., Lexis, M. A. S., Jansens, R., & de Witte, L. P. (2017). [How to Implement Robots in Interventions for Children with Autism? A Co-creation Study Involving People with Autism, Parents and Professionals](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(10), 3079–3096.

Article décrivant les attentes des professionnels travaillant auprès des TSA à l'égard des robots

- ❖ Huijnen, C. A. G. J., Lexis, M. A. S., Jansens, R., & de Witte, L. P. (2016). [Mapping Robots to Therapy and Educational Objectives for Children with Autism Spectrum Disorder](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(6), 2100–2114.

Article visant à dénombrer des objectifs éducatifs des interventions destinées aux TSA et les objectifs éducatifs des travaux avec des robots.

- ❖ Huskens, B., Verschuur, R., Gillesen, J., Didden, R., & Barakova, E. (2013). [Promoting question-asking in school-aged children with autism spectrum disorders: Effectiveness of a robot intervention compared to a human-trainer intervention](#). *Developmental Neurorehabilitation*, 16(5), 345–356.

Article décrivant une expérience menée auprès des enfants avec TSA et testant l'effet d'une intervention assistée par un robot.

- ❖ Joachim, V., Spieth, P., & Heidenreich, S. (2018). [Active innovation resistance: An empirical study on functional and psychological barriers to innovation adoption in different contexts](#). *Industrial Marketing Management*, 71, 95–107.

Article s'interrogeant sur des raisons de la résistance à l'innovation

- ❖ Kim, E., Paul, R., Shic, F., & Scassellati, B. (2012). [Bridging the Research Gap: Making HRI Useful to Individuals with Autism](#). *Journal of Human-Robot Interaction*, 26–54.

→ Article s'interrogeant sur des difficultés rencontrées par des ingénieurs développant des robots destinés aux TSAs

- ❖ Kozima, H., Nakagawa, C., & Yasuda, Y. (2007). [Children–robot interaction: a pilot study in autism therapy](#). In *Progress in Brain Research* (Vol. 164, pagg. 385–400). Elsevier.

Article s'interrogeant sur des difficultés rencontrées par des ingénieurs développant des robots destinés aux TSAs

- ❖ Pennisi, P., Tonacci, A., Tartarisco, G., Billeci, L., Ruta, L., Gangemi, S., & Pioggia, G. (2016). [Autism and social robotics: A systematic review: Autism and social robotics](#). *Autism Research*, 9(2), 165–183.

Revue de littérature visant à faire le point sur les travaux sur des robots destinés aux enfants avec TSA

- ❖ Robins, B., Dautenhahn, K., & Dickerson, P. (2009). [From Isolation to Communication: A Case Study Evaluation of Robot Assisted Play for Children with Autism with a Minimally Expressive Humanoid Robot](#). In 2009 *Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions* (pagg. 205–211). Cancun, Mexico: IEEE.

Article décrivant des résultats d'une étude pilote testant les effets d'interaction entre les robots et les enfants TSA

- ❖ Sandoval, E. B., Mubin, O., & Obaid, M. (2014). [Human Robot Interaction and Fiction: A Contradiction](#). In M. Beetz, B. Johnston, & M.-A. Williams (A c. Di), *Social Robotics* (Vol. 8755, pagg. 54–63). Cham: Springer International Publishing.

Article s'interrogeant sur des raisons de la non acceptation des robots par les usagers

- ❖ Shamsuddin, S., Yussof, H., Ismail, L. I., Mohamed, S., Hanapiah, F. A., & Zahari, N. I. (2012). [Initial Response in HRI- a Case Study on Evaluation of Child with Autism Spectrum Disorders Interacting with a Humanoid Robot NAO](#). *Procedia Engineering*, 41, 1448–1455.

Article décrivant des résultats d'une étude pilote testant les effets d'interaction entre les robots et les enfants TSA

- ❖ Simut, R. E., Vanderfaillie, J., Peca, A., Van de Perre, G., & Vanderborght, B. (2016). [Children with Autism Spectrum Disorders Make a Fruit Salad with Probo, the Social Robot: An Interaction Study](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(1), 113–126.

Article décrivant des résultats d'une étude pilote testant les effets d'interaction entre les robots et les enfants TSA

- ❖ Simut, R., Van de Perre, G., Costescu, C., Saldien, J., Vanderfaillie, J., David, D., Vanderborght, B. (2016). [Probogotchi: A novel edutainment device as a bridge for interaction between a child with asd and the typically developed sibling](#), *Journal of Evidence-Based Psychotherapies*, 16(1), 91-112..

Article décrivant des résultats d'une étude pilote testant les effets d'interaction entre les robots et les enfants TSA

- ❖ So, W.-C., Wong, M. K.-Y., Lam, W.-Y., Cheng, C.-H., Ku, S.-Y., Lam, K.-Y., ... Wong, W.-L. (2019) [Who is a better teacher for children with autism? Comparison of learning outcomes between robot-based and human-based interventions in gestural production and recognition](#). *Research in Developmental Disabilities*, 86, 62–75.

Article décrivant des résultats d'une étude pilote testant les effets d'interaction entre les robots et les enfants TSA. Un des travaux obéissant à une méthode expérimentale rigoureuse et montrant l'absence d'effet.

- ❖ Srinivasan, S. M., Kaur, M., Park, I. K., Gifford, T. D., Marsh, K. L., & Bhat, A. N. (2015). [The Effects of Rhythm and Robotic Interventions on the Imitation/Praxis, Interpersonal Synchrony, and Motor Performance of Children with Autism Spectrum Disorder \(ASD\): A Pilot Randomized Controlled Trial](#). *Autism Research and Treatment*, 2015, 1–18.

Article décrivant des résultats d'une étude pilote testant les effets d'interaction entre les robots et les enfants TSA. Un des rares travaux décrivant une intervention axée sur la motricité.

- ❖ Walters, R. (2018). [Dead robots raise questions on how far home technology has come](#) *Rogers*, *Financial Times*.

Article paru dans un journal consacré aux finances et s'interrogeant sur des échecs des robots sociaux.

- ❖ Yohanan, S., & MacLean, K. E. (2012). [The Role of Affective Touch in Human-Robot Interaction: Human Intent and Expectations in Touching the Haptic Creature](#). *International Journal of Social Robotics*, 4(2), 163–180.

Article décrivant des résultats d'une étude pilote testant les effets d'interaction entre les robots et les enfants TSA

- ❖ Zubrycki, I., & Granosik, G. (2016). [Understanding Therapists' Needs and Attitudes Towards Robotic Support. The Roboterapia Project](#). *International Journal of Social Robotics*, 8(4), 553–563.

Article étudiant des attentes des professionnels travaillant auprès des TSAs à l'égard des robots

## Thématique: Anomalies motrices et sociales chez les personnes avec TSA

---

- ❖ Amos P. (2013). [Rhythm and timing in autism: learning to dance. \*Frontiers in integrative neuroscience\*, 7, 27.](#)

→ Le document attire l'attention sur l'importance de la motricité et du rythme dans la communication intentionnelle

- ❖ Bremer, E., & Cairney, J. (2018). [The Interrelationship Between Motor Coordination and Adaptive Behavior in Children With Autism Spectrum Disorder. \*Frontiers in Psychology\*, 9.](#)

Revue de littérature décrivant les relations entre les anomalies motrices et sociales des TSAs.

- ❖ Chamak, B., Bonniau, B., Jaunay, E., & Cohen, D. (2008). [What Can We Learn about Autism from Autistic Persons? \*Psychotherapy and Psychosomatics\*, 77\(5\), 271–279.](#)

Article analysant des témoignages des personnes avec TSA.

- ❖ De Coster, L., Verschuere, B., Goubert, L., Tsakiris, M., & Brass, M. (2013). [I suffer more from your pain when you act like me: Being imitated enhances affective responses to seeing someone else in pain. \*Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience\*, 13\(3\), 519–532.](#)

Article décrivant une expérience menée auprès des sujets typiques et testant l'effet de l'imitation sur l'empathie

- ❖ Dumas, G., Nadel, J., Soussignan, R., Martinerie, J., & Garnero, L. (2010). [Inter-Brain Synchronization during Social Interaction. \*PLoS ONE\*, 5\(8\), e12166.](#)

Article décrivant une expérience menée auprès des sujets typiques et montrant l'effet de synchronisation des ondes cérébrales pendant la coordination interpersonnelle

- ❖ Engelkamp, J., Zimmer, H. D., Mohr, G., & Sellen, O. (1994). [Memory of self-performed tasks: Self-performing during recognition. \*Memory & Cognition\*, 22\(1\), 34–39.](#)

Article décrivant une expérience menée auprès des sujets typiques et montrant l'effet du mouvement sur la mémoire

- ❖ Fitzpatrick, P., Frazier, J. A., Cochran, D. M., Mitchell, T., Coleman, C., & Schmidt, R. C. (2016). [Impairments of Social Motor Synchrony Evident in Autism Spectrum Disorder. \*Frontiers in Psychology\*, 7.](#)

Article décrivant une expérience menée auprès des sujets avec TSA et montrant leurs anomalies dans la coordination interpersonnelle.

- ❖ Fitzpatrick, P., Romero, V., Amaral, J. L., Duncan, A., Barnard, H., Richardson, M. J., & Schmidt, R. C. (2017). [Evaluating the importance of social motor synchronization and motor skill for understanding autism: Synchrony and autism](#). *Autism Research*, 10(10), 1687–1699.

Un autre article décrivant une expérience menée auprès des sujets avec TSA et montrant leurs anomalies dans la coordination interpersonnelle.

- ❖ Fournier, K. A., Hass, C. J., Naik, S. K., Lodha, N., & Cauraugh, J. H. (2010). [Motor coordination in autism spectrum disorders: a synthesis and meta-analysis](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(10), 1227-1240.

Méta-analyse portant sur des processus moteurs chez des TSAs, mettant en avant des problèmes de coordination motrice.

- ❖ Hilton, C. L., Zhang, Y., Whilte, M. R., Klohr, C. L., & Constantino, J. (2012). [Motor impairment in sibling pairs concordant and discordant for autism spectrum disorders](#). *Autism*, 16(4), 430–441.

Article décrivant des habilités motrices des enfants à risque du TSA et des enfants sans risque

- ❖ Hove, M. J., & Risen, J. L. (2009). [It's All in the Timing: Interpersonal Synchrony Increases Affiliation](#). *Social Cognition*, 27(6), 949–960.

Article décrivant une expérience menée auprès des sujets typiques et montrant l'effet du mouvement sur le sentiment d'affiliation sociale

- ❖ Iverson, J. M., Shic, F., Wall, C. A., Chawarska, K., Curtin, S., Estes, A., ... Young, G. S. (2019). [Early motor abilities in infants at heightened versus low risk for ASD: A Baby Siblings Research Consortium \(BSRC\) study](#). *Journal of Abnormal Psychology*, 128(1), 69–80.

Article décrivant des habilités motrices des enfants à risque du TSA en comparaison aux enfants typiques

- ❖ ISENHOWER, R. W., MARSH, K. L., RICHARDSON, M. J., HELT, M., SCHMIDT, R. C., & FEIN, D. (2012). [Rhythmic bimanual coordination is impaired in young children with autism spectrum disorder](#). *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(1), 25–31.

Un article décrivant une expérience menée auprès des sujets avec TSA et montrant leurs anomalies dans la coordination interpersonnelle et cherchant le lien avec leurs anomalies sociales.

- ❖ KAUR, M., SRINIVASAN, S., & BHAT, A. (2018). [Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without Autism Spectrum Disorder \(ASD\)](#). *Research in Developmental Disabilities*, 72, 79–95.

Article comparant des habilités motrices des enfants avec TSA et des enfants typiques

- ❖ KIRSCHNER, S., & TOMASELLO, M. (2010). [Joint music making promotes prosocial behavior in 4-year-old children](#). *Evolution and Human Behavior*, 31(5), 354–364.

Article décrivant une expérience menée auprès des enfants typiques et montrant l'effet de la coordination interpersonnelle sur l'émission du comportement d'aide.

- ❖ KOSTRUBIEC, V., HUYS, R., JAS, B., & KRUCK, J. (2018). [Age-dependent Relationship Between Socio-adaptability and Motor Coordination in High Functioning Children with Autism Spectrum Disorder](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(1), 209–224.

Un article décrivant une expérience menée auprès des enfants avec TSA et montrant leurs anomalies dans la coordination interpersonnelle ainsi que le lien entre ces anomalies motrices et les anomalies sociales.

- ❖ LEARY, M. R., & HILL, D. A. (1996). [Moving on: autism and movement disturbance](#). *Mental Retardation*, 34(1), 39-53

Un des premiers articles offrant la liste des symptômes moteurs dans le TSA.

- ❖ MACDONALD, M., LORD, C., & ULRICH, D. A. (2013). [The Relationship of Motor Skills and Social Communicative Skills in School-Aged Children with Autism Spectrum Disorder](#). *Adapted Physical Activity Quarterly*, 30(3), 271–282.

Article s'interrogeant sur la relation entre les habilités motrices et sociales des personnes avec TSA

- ❖ Moran, M. F., Foley, J. T., Parker, M. E., & Weiss, M. J. (2013). [Two-legged hopping in autism spectrum disorders](#). *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7.

Un article décrivant les anomalies motrices des personnes avec TSA dans la tâche de saut en utilisant des mesures empruntées des sciences du mouvement.

- ❖ Ozonoff, S., Young, G. S., Goldring, S., Greiss-Hess, L., Herrera, A. M., Steele, J., ... Rogers, S. J. (2008). [Gross Motor Development, Movement Abnormalities, and Early Identification of Autism](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(4), 644–656.

Article décrivant des anomalies motrices des enfants ultérieurement diagnostiqués avec TSA.

- ❖ Provost, B., Lopez, B. R., & Heimerl, S. (2007). [A Comparison of Motor Delays in Young Children: Autism Spectrum Disorder, Developmental Delay, and Developmental Concerns](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(2), 321–328.

Article décrivant des retards dans le développement moteur des enfants avec TSA

- ❖ Rosset, D.B., Rondan, C., Da Fonseca, D. et al. (2008). [Typical Emotion Processing for Cartoon but not for Real Faces in Children with Autistic Spectrum Disorders](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 38(5), 919–925

Article comparant le traitement des visages humains en situation standard et dans des dessins animés généralement plus motivants pour les enfants

- ❖ Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). [The mirror neuron system](#). *Annual Review of Neuroscience*, 27(1), 169–192.

Revue de littérature portant sur les neurones miroirs chez l'homme et l'animal

- ❖ Teitelbaum, P., Teitelbaum, O., Nye, J., Fryman, J., & Maurer, R. G. (1998). [Movement analysis in infancy may be useful for early diagnosis of autism](#) Proceedings of the National Academy of Sciences, 95(23), 13982-13987.

Etude rétrospective portant sur des anomalies du mouvement chez des nourrissons ultérieurement diagnostiqués TSA.

- ❖ Travers, B. G., Bigler, E. D., Duffield, T. C., Prigge, M. D. B., Froehlich, A. L., Lange, N., ... Lainhart, J. E. (2017). [Longitudinal development of manual motor ability in autism spectrum disorder from childhood to mid-adulthood relates to adaptive daily living skills](#). *Developmental Science*, 20(4), e12401.

Article décrivant une étude sur le développement des habilités motrices chez des personnes avec TSA.

## Bibliographie complémentaire

---

- ❖ Attwood, A. (2006). [The Complete Guide to Asperger's Syndrome](#). Jessica Kingsley Publishers.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a « theory of mind »? *Cognition*, 21(1), 37-46.
- ❖ Baghdadli, A., & Brisot-Dubois, J. (2011). [Entraînement aux habiletés sociales appliqué à l'autisme](#). Elsevier Health Sciences France.
- ❖ Baghdadli, A., Noyer, M., & Aussilloux, C. (2007). [Interventions éducatives, pédagogiques et thérapeutiques proposées dans l'autisme](#) : revue de littérature Ministère de la Santé et des solidarités, DGAS, Direction Générale de l'Action sociale.
- ❖ Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). [Does the autistic child have a "theory of mind"?](#) *Cognition*, 21(1), 37-46.
- ❖ Bauer, M. S., Damschroder, L., Hagedorn, H., Smith, J., & Kilbourne, A. M. (2015) [An introduction to implementation science for the non-specialist](#). *BMC Psychology*, 3(1).
- ❖ Beer, J. M., Fisk, A. D., & Rogers, W. A. (2014). [Toward a Framework for Levels of Robot Autonomy in Human-Robot Interaction](#). *Journal of Human-Robot Interaction*, 3(2), 74. <https://doi.org/10.5898/JHRI.3.2.Beer>
- ❖ Bogdashina, O. (2010). [Autism and the edges of the known world: sensitivities, language, and constructed reality](#). London: Jessica Kingsley.
- ❖ Cross, E. S., Hamilton, A. F. de C., & Grafton, S. T. (2006). [Building a motor simulation de novo: observation of dance by dancers](#). *NeuroImage*, 31(3), 1257-1267. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.01.033>
- ❖ DSM-V. (2013). [American Psychiatric Association Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders](#). In SpringerReference. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.
- ❖ Bellagamba, F., & Tomasello, M. (1999). [Re-enacting intended acts: Comparing 12- and 18-month-olds](#). *Infant behavior and development*, 22(2), 277-282.
- ❖ Carpenter, M., Akhtar, N., & Tomasello, M. (1998). [Fourteen-through 18-month-old](#)

- [infants differentially imitate intentional and accidental actions](#). *Infant behavior and development*, 21(2), 315-330.
- ❖ Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E. S., & Schultz, R. T. (2012). [The social motivation theory of autism](#). *Trends in Cognitive Sciences*, 16(4), 231-239.
  - ❖ Cilia, F., Garry, C., Brisson, J., & Vandromme, L. (2018). [Attention conjointe et exploration visuelle des enfants au développement typique et avec TSA: synthèse des études en oculométrie](#). *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 66(5), 304-314.
  - ❖ Condon, W. S. (1975). [Multiple response to sound in dysfunctional children](#). *Journal of Autism and Childhood Schizophrenia*, 5(1), 37–56.
  - ❖ Conti, D., Di Nuovo, S., Buono, S., Trubia, G., & Di Nuovo, A. (2015). [Use of robotics to stimulate imitation in children with Autism Spectrum Disorder: A pilot study in a clinical setting](#). In 2015 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) (pagg. 1–6). Kobe, Japan:
  - ❖ Cook, J. (2016). [From movement kinematics to social cognition: the case of autism](#). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1693), 20150372.
  - ❖ Costantini, M., Galati, G., Ferretti, A., Caulo, M., Tartaro, A., Romani, G. L., & Aglioti, S. M. (2005). [Neural Systems Underlying Observation of Humanly Impossible Movements: An fMRI Study](#). *Cerebral Cortex*, 15(11), 1761–1767.
  - ❖ D'Ausilio, A., Pulvermüller, F., Salmas, P., Bufalari, I., Begliomini, C., & Fadiga, L. (2009). [The Motor Somatotopy of Speech Perception](#). *Current Biology*, 19(5), 381–385.
  - ❖ Dawson, G., Hill, D., Spencer, A., Galpert, L., & Watson, L. (1991). [Affective exchanges between young autistic children and their mothers](#). *Journal of Abnormal Child Psychology*, 19(1), 115–115
  - ❖ deMarchena, A., & Eigsti, I.-M. (2010). [Conversational gestures in autism spectrum disorders: Asynchrony but not decreased frequency](#). *Autism Research*, 3(6), 311–322.
  - ❖ Dingfelder, H. E. & Mandell, D. S. (2011). [Bridging the research-to-practice gap in Autism intervention : An application of diffusion of innovation theory](#). *Journal of Autism Developmental Disorder*, 41:597.
  - ❖ Dummer, T., Picot-Annand, A., Neal, T., & Moore, C. (2009). [Movement and the rubber hand illusion](#). *Perception*, 38(2), 271-280.
  - ❖ Dusi, A. (2018). [Pleo: too much, expensive, unuseful, innovation](#).
  - ❖ Dziuk, M. A., Gidley Larson, J. C., Apostu, A., Mahone, E. M., Denckla, M. B., &

- Mostofsky, S.H. (2007). [Dyspraxia in autism: association with motor, social, and communicative deficits](#). *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49(10), 734-739.
- ❖ Fernaeus, Y., Håkansson, M., Jacobsson, M., & Ljungblad, S. (2010). [How do you play with a robotic toy animal ? : a long-term study of Pleo](#). In *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '10* (pag. 39). Barcelona, Spain: ACM Press.
  - ❖ Fong, T., Nourbakhsh, I., & Dautenhahn, K. (2002). [A Survey of Socially Interactive Robots: Concepts, Design, and Applications](#). *Technical Report CMU-RI-TR-02-29*
  - ❖ Feil-Seifer, D., & Matarić, M. J. (2009). [Toward Socially Assistive Robotics for Augmenting](#)
  - ❖ [Interventions for Children with Autism Spectrum Disorders](#). In O. Khatib, V. Kumar, & G.
  - ❖ J. Pappas (Éd.), [Experimental Robotics](#) (Vol. 54, p. 201-210). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-00196-3\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-642-00196-3_24)
  - ❖ Gepner, B., Mestre, D., Masson, G., & de Schonen, S. (1995). [Postural effects of motion vision in young autistic children](#). *NeuroReport*, 6(8), 1211-1214.
  - ❖ Gibson, J. J. (1977). [The Ecological Approach To Visual Perception \(1° ed.\)](#). Psychology Press.
  - ❖ Gillespie-Lynch, K., Kapp, S. K., Brooks, P. J., Pickens, J., & Schwartzman, B. (2017). [Whose Expertise Is It? Evidence for Autistic Adults as Critical Autism Experts](#). *Frontiers in Psychology*, 8.
  - ❖ Glazebrook, C. M., Elliott, D., & Lyons, J. (2006). [A kinematic analysis of how young adults with and without autism plan and control goal-directed movements](#). *Motor Control*, 10(3), 244-264.
  - ❖ Happé, F., & Frith, U. (1996). [Theory of mind and social impairment in children with conduct disorder](#). *British Journal of Developmental Psychology*, 14(4), 385-398.
  - ❖ Heerink, M., Vanderborght, B., Broekens, J., & Albó-Canals, J. (2016). [New Friends: Social Robots in Therapy and Education](#). *International Journal of Social Robotics*, 8(4), 443-444.
  - ❖ Hommel, B., Müsseler, J., Aschersleben, G., & Prinz, W. (2001). [The Theory of Event Coding \(TEC\): A framework for perception and action planning](#). *Behavioral and Brain Sciences*, 24(05), 849-878.
  - ❖ Iacoboni, M., Koski, L. M., Brass, M., Bekkering, H., Woods, R. P., Dubeau, M.-C., ...

- Rizzolatti, G. (2001). [Reafferent copies of imitated actions in the right superior temporal cortex](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(24), 13995–13999.
- ❖ Iarocci, G., & McDonald, J. (2006). [Sensory Integration and the Perceptual Experience of Persons with Autism](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 77-90.
  - ❖ ISO. (2018). [Robots and robotic devices](#) — *Vocabulary*. International Organization for Standardization. Recuperato da
  - ❖ Kanner, Leo. (1943). [Autistic Disturbances of Affective Contact](#). *Nervous Child: Journal of Psychopathology, Psychotherapy, Mental Hygiene, and Guidance of the Child*, 2, 217–50.
  - ❖ Kedar, I. (2012). [Ido in Autismland: climbing out of Autism’s silent prison](#). Broché.
  - ❖ Kelso, J. A. S. (1995). [Dynamic patterns: the self-organization of brain and behavior](#). Cambridge, Mass.: MIT Press.
  - ❖ Kelso, J. A. S. (2012). [Multistability and metastability: understanding dynamic coordination in the brain](#). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1591), 906–918.
  - ❖ Kelso, J. A. S., Dumas, G., & Tognoli, E. (2013). [Outline of a general theory of behavior and brain coordination](#). *Neural Networks*, 37, 120-131.
  - ❖ Klatzky, R. L., Pellegrino, J. W., McCloskey, B. P., & Doherty, S. (1989). [Can you squeeze a tomato? The role of motor representations in semantic sensibility judgments](#). *Journal of Memory and Language*, 28(1), 56–77.
  - ❖ Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). [Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism](#). *Archives of general psychiatry*, 59(9), 809-816.
  - ❖ Koehne, S., Behrends, A., Fairhurst, M. T., & Dziobek, I. (2016). [Fostering Social Cognition through an Imitation- and Synchronization-Based Dance/Movement Intervention in Adults with Autism Spectrum Disorder: A Controlled Proof-of-Concept Study](#). *Psychotherapy and Psychosomatics*, 85(1), 27-35.
  - ❖ Lakens, D. (2010). [Movement synchrony and perceived entitativity](#). *Journal of Experimental Social Psychology*, 46(5), 701–708.
  - ❖ Marsh, K. L., Richardson, M. J., & Schmidt, R. C. (2009). [Social Connection Through Joint Action and Interpersonal Coordination](#). *Topics in Cognitive Science*, 1(2), 320–339.
  - ❖ Meltzoff, A. (1995). [Understanding the intentions of others : Re-enactment of](#)

- [intended acts by 18-month-old children](#). *Developmental Psychology*, 31(5), 838–850.
- ❖ McNeill, V. H. (1995). [Keeping together in time: Dance and drill in human history](#) (Harvard University Press). Cambridge, Mass.
  - ❖ Mari, M., Castiello, U., Marks, D., Marraffa, C., & Prior, M. (2003). [The reach-to-grasp movement in children with autism spectrum disorder](#). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 358(1430), 393-403.
  - ❖ Morillon, B., Hackett, T. A., Kajikawa, Y., & Schroeder, C. E. (2015). [Predictive motor control of sensory dynamics in auditory active sensing](#). *Current Opinion in Neurobiology*, 31, 230–238.
  - ❖ Miyahara, M., Tsujii, M., Hori, M., Nakanishi, K., Kageyama, H., & Sugiyama, T. (1997). [Brief report: motor incoordination in children with Asperger syndrome and learning disabilities](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 27(5), 595-603
  - ❖ Mottron, L. (2004). [L'autisme, une autre intelligence: diagnostic, cognition et support des personnes autistes sans déficience intellectuelle](#). Sprimont (Belgique): Mardaga
  - Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 30(3), 286–297.
  - ❖ Peters-Scheffer, N., Didden, R., Korzilius, H., & Verhoeven, L. (2018). [Understanding of Intentions in Children with Autism Spectrum Disorder and Intellectual Disability](#). *Advances in Neurodevelopmental Disorders*, 2(1), 3–15.
  - ❖ Prescott, T. J., Diamond, M. E., & Wing, A. M. (2011). [Active touch sensing](#). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1581), 2989–2995.
  - ❖ Rabinowitch, T.-C., & Knafo-Noam, A. (2015). [Synchronous Rhythmic Interaction Enhances Children's Perceived Similarity and Closeness towards Each Other](#). *PLOS ONE*, 10(4), e0120878.
  - ❖ Ricks, D. J., & Colton, M. B. (2010). [Trends and considerations in robot-assisted autism therapy](#) (pagg. 4354–4359). *IEEE*.

- ❖ Romero, V., Fitzpatrick, P., Roulier, S., Duncan, A., Richardson, M. J., & Schmidt, R. C. (2018). [Evidence of embodied social competence during conversation in high functioning children with autism spectrum disorder](#). *PLOS ONE*, 13(3), e0193906.
- ❖ Robledo, J., Donnellan, A. M., & Strandt-Conroy, K. (2012). [An exploration of sensory and movement differences from the perspective of individuals with autism](#). *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 6.
- ❖ Salmi, J., Roine, U., Glerean, E., Lahnakoski, J., Nieminen-von Wendt, T., Tani, P., ... Sams, M. (2013). [The brains of high functioning autistic individuals do not synchronize with those of others](#). *NeuroImage: Clinical*, 3, 489–497.
- ❖ Schmidt, R. C., Bienvenu, M., Fitzpatrick, P. A., & Amazeen, P. G. (1998). [A comparison of intra- and interpersonal interlimb coordination: Coordination breakdowns and coupling strength](#). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 884–900.
- ❖ Schmitz, C., Martineau, J., Barthélémy, C., & Assaiante, C. (2003). [Motor control and children with autism: deficit of anticipatory function?](#) *Neuroscience Letters*, 348(1), 17-20
- ❖ Sharon-David, H., Mizrahi, M., Rinott, M., Golland, Y., & Birnbaum, G. E. (2018). [Being on the same wavelength: Behavioral synchrony between partners and its influence on the experience of intimacy](#). *Journal of Social and Personal Relationships*, 026540751880947.
- ❖ Schultz, R. T. (2005). [Developmental deficits in social perception in autism: the role of the amygdala and fusiform face area](#). *International Journal of Developmental Neuroscience*, 23(2-3), 125-141.
- ❖ Senju, A., Southgate, V., White, S., & Frith, U. (2009). [Mindblind eyes: an absence of spontaneous theory of mind in Asperger syndrome](#). *Science*, 325(5942), 883-885.
- ❖ Staples, K. L., & Reid, G. (2010). [Fundamental Movement Skills and Autism Spectrum Disorders](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(2), 209–217.
- ❖ Sugranyes, G., Kyriakopoulos, M., Corrigall, R., Taylor, E., & Frangou, S. (2011). [Autism spectrum disorders and schizophrenia: meta-analysis of the neural correlates of social cognition](#). *PLoS one*, 6(10), e25322.
- ❖ Sutera, S., Pandey, J., Esser, E. L., Rosenthal, M. A., Wilson, L. B., Barton, M., ... Fein, D. (2007). [Predictors of Optimal Outcome in Toddlers Diagnosed with Autism Spectrum Disorders](#). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(1), 98-107. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0340-6>

- ❖ Thommen, E., & Rimbart, G. (2005). [\*L'enfant et les connaissances sur autrui\*](#). Belin.
- ❖ Tognoli, E., Lagarde, J., DeGuzman, G. C., & Kelso, J. A. S. (2007). [\*The phi complex as a neuromarker of human social coordination. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America\*](#), 104(19), 8190–8195.
- ❖ Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., & Moll, H. (2005). [\*Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. Behavioral and brain sciences\*](#), 28(5), 675-691.
- ❖ Tomasello, M., & Carpenter, M. (2007). [\*Shared intentionality. Developmental science\*](#), 10(1), 121-125.
- ❖ Trevarthen, C., & Daniel, S. (2005). [\*Disorganized rhythm and synchrony: early signs of autism and Rett syndrome. Brain & Development\*](#), 27 Suppl 1, S25-S34. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2005.03.016>
- ❖ Vanvuchelen, M., Roeyers, H., & De Weerd, W. (2007). [\*Nature of motor imitation problems in school-aged boys with autism: A motor or a cognitive problem? Autism\*](#), 11(3), 225–240.
- ❖ Walker, H. M. (2004). [\*Commentary: Use of evidence-based interventions in schools: where we've been, where we are, and where we need to go. School Psychology Review\*](#), 33(3), 398–407.
- ❖ Weir, S. & Emanuel, R. (1976). [\*Using logo to catalyse communication in an autistic child. DAI Research Report\*](#), 15, University of Edinburg.
- ❖ Williams, C., Prud'Homme, M. H., & Wright, J. B. D. (2010). [\*Vivre avec le trouble du spectre de l'autisme : stratégies pour les parents et les professionnels\*](#). Chenelière Éducation.
- ❖ Yirmiya, N., Gamliel, I., Pilowsky, T., Feldman, R., Baron-Cohen, S., & Sigman, M. (2006). [\*The development of siblings of children with autism at 4 and 14 months: social engagement, communication, and cognition. Journal of Child Psychology and Psychiatry\*](#), 47(5), 511– 523.
- ❖ Zalla, T., Labruyere, N., & Georgieff, N. (2006). [\*Goal-directed action representation in autism. Journal of Autism and Developmental Disorders\*](#), 36(4), 527-540.



Le présent document a été réalisé dans le cadre de la recherche appliquée « Coordination et habilités sociales chez l'enfant porteur de Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) » mené par l'Université Toulouse Jean-Jaurès, en partenariat avec le cabinet AUTIS'&nd et plusieurs professionnels en psychologie, orthophonie et psychomotricité. Cette recherche a été soutenue dans le cadre de l'Axe 3 du programme Autisme et Nouvelle Technologies<sup>1</sup>, soutenu par la Fondation UEFA pour l'enfance.

Cette revue de littérature offre un aperçu de l'état actuel des travaux sur l'assistance robotique et les interventions motrices dans la rééducation des fonctions sociales chez des personnes porteuses du Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA). La réalisation de ce travail a été confiée à Viviane Kostrubiec et Jeanne Kruck du CERPPS (Centre d'Etudes et de Recherches en Psychopathologie et Psychologie de la Santé à l'Université Toulouse-Jean-Jaurès, Le Mirail) et à Cécile de Launay (psychologue clinicienne).

