

# COORDINATION ET HABILETÉS SOCIALES CHEZ L'ENFANT PORTEUR DU TROUBLE DU SPECTRE DE L'AUTISME (TSA)

—  
SYNTHÈSE SCIENTIFIQUE DE LA RECHERCHE



**JEANNE KRUCK  
& VIVIANE KOSTRUBIEC**



# Sommaire

<b>I. Avant-propos</b>	<b>3</b>
<b>II. Résumé</b>	<b>4</b>
<b>III. Objectifs</b>	<b>4</b>
<b>IV. Méthodes</b>	<b>5</b>
<b>V. Résultats</b>	<b>7</b>
<b>VI. Supports d'application</b>	<b>11</b>

## I. Avant-propos

**Principes.** Jusqu'à présent, les recherches appliquées avaient pour but de produire des retombées directes sur le plan clinique et pour les praticiens de terrain. D'une part, ils devaient apporter un cadre et des conseils sur la façon dont doivent être menées les thérapies et permettre aux professionnels d'évaluer leurs interventions et de faire évoluer leurs pratiques.

**Démarche.** Un travail important en termes de collaboration entre les chercheurs et les acteurs de terrain a été réalisé dans cette étude. Le protocole d'intervention expérimentale a été élaboré avec l'aide de professionnels de terrain et des parents d'enfants TSA. La diffusion et la vulgarisation des résultats nous a finalement permis d'entretenir la participation des familles de personnes en situation de handicap.

**Freins.** Le premier problème est la difficulté à rendre les parents acteurs alors qu'ils recherchent, et qu'ils ont pleinement droit, au répit. Le second frein à la démarche collaborative est simplement lié à l'intérêt plus fort pour la clinique que pour la recherche des acteurs de terrain. Le troisième frein à la démarche collaborative est celui de la saturation des familles et des praticiens, constamment sollicités pour divers programmes de recherche dont ils ne voient pas suffisamment tôt les conséquences et les bénéfices.

**Intérêt pour des acteurs de terrain.** Les résultats de notre étude ont permis de constater que la rééducation fondée sur le paradigme de coordination-coopération est efficace en situation expérimentale et en situation écologique (« à la maison »). Les parents qui ont participé à cette étude en tant qu'acteur et spécialiste de leur enfant, ont vu les bénéfices au quotidien de ce type d'intervention dans l'apprentissage des tâches d'autonomie.

La procédure de rééducation proposée est efficace mais à condition qu'elle soit menée par un co-acteur humain et non par un robot. Les enfants progressent plus au niveau de la compréhension des intentions sociales lorsqu'ils interagissent avec l'humain. Ceci implique que la procédure peut être applicable par tous les thérapeutes sans nécessité la présence du robot.

Il existe un lien entre les habilités sociales et les habilités motrices des enfants. Plus les habilités motrices sont préservées, plus les enfants progressent au test des intentions sociales. Plus la coordination motrice entre l'enfant et le co-acteur est précise, plus la coopération est ensuite efficace chez les enfants avec TSA. Il y a donc un intérêt à réhabiliter les coordinations interpersonnelles en vue d'augmenter les habiletés sociales c'est-à-dire d'agir sur la motricité de l'enfant à travers des exercices de coordination afin d'agir sur la coopération sociale.

Les acteurs de terrain pourraient donc s'appuyer sur la théorie motrice de l'apprentissage (brochure 1) et sur la méthode d'intervention proposée (brochure 2) pour intégrer cette procédure à leurs séances. Les parents n'ont pas le rôle d'éducateur de leur enfant mais il participe avec leur enfant à une activité ludique ce qui est moins vécu comme une charge (livret).

## II. Résumé

Notre étude propose d'évaluer l'efficacité d'une solution concrète aux spécificités sociales des enfants TSA : une intervention rééducative assistée par la robotique. Le projet est axé autour de l'hypothèse selon laquelle il existe une co-dépendance entre le développement des spécificités sociales et des spécificités de coordination motrice chez des TSA. Nous postulons (1) qu'en stimulant la coordination motrice entre l'enfant et son partenaire social nous faciliterons l'émission des comportements de coopération chez ce dernier; (2) que l'effet de cette intervention se généralisera sur la production et la compréhension des communications non verbales nécessaires au décodage des intentions sociales ; (3) que la rééducation sera plus efficace lorsqu'elle implique l'interaction avec le robot Nao plutôt qu'avec un partenaire humain. Notre étude a été développée en collaboration avec des enfants TSA et leurs familles qui bénéficient de l'accompagnement et l'évaluent. Le projet met en commun des compétences provenant de quatre disciplines – psychopathologie développementale, sciences du mouvement, psychologie expérimentale et ingénierie. Le projet a reçu un avis favorable du comité d'éthique CERNI et a été cofinancé par le Contrat de Plan État-Région (CPER - 2015).

## III. Objectifs

L'objectif général du projet consiste à rééduquer les spécificités sociales des enfants TSA en se servant des coordinations motrices comme facilitateurs et de l'assistance par la robotique. Il s'agit, plus spécifiquement, (1) d'améliorer les habilités de coopération, de communication non verbale et de la compréhension des intentions sociales et (2) de tester l'efficacité de la rééducation assistée par le robot Nao. Nous avons mis en place un paradigme expérimental proposant une tâche de coordination-coopération dans deux situations l'une où l'enfant est en interaction avec un partenaire humain et l'autre où il interagit avec le partenaire robot. L'enfant avec TSA est impliqué dans une tâche de coordination-coopération, ayant pour partenaire social soit le robot Nao, soit un humain. A chaque essai, il doit synchroniser le mouvement de frappe avec la chanson chantée par un partenaire social (coordination). Immédiatement après la chanson, le partenaire social sollicite l'aide de l'enfant. Si l'enfant coopère, en y répondant de façon appropriée, il est chaudement félicité (coopération). L'efficacité de l'apprentissage du comportement de coopération est testée au moyen du test d'assistance (helping task), appliqué juste avant et juste après la tâche éducative. Les objectifs de cette étude sont de répondre aux hypothèses suivantes :

- **Hypothèse 1.** Dans la tâche de coordination-coopération, l'apprentissage de la coopération chez l'enfant avec TSA est facilité lorsque le sujet interagit avec un partenaire robot plutôt qu'avec un partenaire humain.

- **Hypothèse 2.** Une coordination inter-personnelle précise et stable facilite l'apprentissage de l'apprentissage, testée au moyen du test d'assistance évaluant la compréhension des intentions sociales.

## IV. Méthodes

**Population.** Un groupe 23 enfants TSA et un groupe de contrôle composé de 33 enfants au développement typique ont participé à l'étude (**Tableau 1**). Les enfants, âgés de 4 à 8 ans, ont été répartis en deux groupes : interaction 'avec humain' et interaction 'avec robot'. Les enfants présentant une pathologie neurologique comme une épilepsie ou une hyperactivité et des quotients intellectuels inférieurs à 70 ont été exclus.

	Typique		ASD		Total
	Nao	Humain	Nao	Humain	
Prévu	12	12	12	12	48
Réalisé	15	18	13	10	56

Tableau 1. Plan expérimental avec effectifs prévus et réalisés.

### Matériel expérimental et tests psychométriques

**Robot.** Nao développé par Aldebaran Robotics.

**Chanson et objets à trouver.** La chanson du partenaire social était composée d'un refrain et de 10 couplets. Dans le refrain, le partenaire présentait une plainte, rythmée par un métronome. Dans le couplet, l'objet à trouver était identifié et l'enfant implicitement sollicité à aider le partenaire social. Chaque sollicitation était préparée sous trois formes : celle de la demande implicite chantée, celle de la demande parlée implicite, et celle de la demande parlée explicite. Dix demandes sont préparées et dix objets correspondant éparpillés sur un tapis gris (un crayon, une balle, une poupée, une cuillère, un bonnet, un chapeau, un livre, un pardessus et un gâteau) ainsi que deux objets-distracteurs.

**Tests psychométriques.** La présence de traits autistiques était testée au moyen du Questionnaire de Communication Sociale (SCQ) (Rutter, Anthony, & Lord, 2003), validé en langue française (Kruck, Baudel, & Rogé, 2013) (Rogé, Fombonne, Fremolle-Kruck, & Arti, 2011), ADOS (Lord et al. 1989). Quatre autres tests visant à évaluer les performances motrices, attentionnelles, cognitives et sociales ont été préparés : Le test CONNERS, le Q-TAC, deux épreuves tirées de WISQ : un test de raisonnement perceptif (matrices) et un test de compréhension (similitudes) et le Vineland II (Sparrow et al, 2015) Les outils psychométriques sont listés dans le **Tableau 2**.



Test	Sigle	Habilité mesurée	t	df	p
Age			-1.852	40.00	0.071
WPPSI Cubes	WPP-SI-C	Capacité de raisonnement perceptif	1.458	39.00	0.153
WPPSI Informations	WPP-SI-I	Capacités verbales	1.785	39.00	0.082
ADOS au pré-test	ADO	Interaction sociale réciproque	-5.245	39.00	< .001**
SCQ	SCQ	Capacités de communication sociale	-8.965	39.00	< .001**
Vineland RP	VRP	Relations inter- personnelles	5.617	36.00	< .001**
Vineland JT	VJT	Jeu et temps libre	2.979	36.00	0.005*
Vineland A	VA	Adaptation	4.465	36.00	< .001**
Vineland P	VP	Personnel	3.889	36.00	< .001**
TIS au pré-test	TIS 1	Intentions sociales	2.027	38.00	0.050*
Conners I	C1	Difficultés du comportement	-3.382	38.00	0.002*
Conners II	C2	Difficultés d'apprentissage	-1.921	38.00	0.062
Conners III	C3	Psycho-somatisation	-1.802	38.00	0.080
Conners IV	C4	Impulsivité	-4.356	38.00	< .001**
Conners V	C5	Anxiété	-1.927	38.00	0.062
Conners VI	C6	Hyperactivité	-4.363	38.00	< .001**
BRIEF-P (Notes brutes)	BRIEF	Fonctions exécutives	-5.684	25.00	< .001**
Q-TAC	QT	Compétences motrices	4.347	39.00	< .001**

**Tableau 2 :** Tests psychométriques et tâches évaluant les habilités des enfants avec les résultats de comparaison du groupe des enfants TSA avec le groupe des enfants typiques (Différence significative : \* p <0,05 ; \*\*p<0,001).

**Test des intentions sociales.** S'inspirant de tâches de Tomasello (2005), douze scénarios ont été préparés pour tester la capacité de l'enfant à inférer les intentions sociales de son partenaire.

## Procédure

**Intervention.** L'expérience est bâtie selon le plan expérimental pré-post. Au pré et aux post-tests, l'enfant était soumis à l'ADOS, aux deux tests d'aptitudes intellectuelles et au test des Intentions sociales. Pour ce dernier, quatre scénarii des intentions sociales différents choisis au tirage aléatoire sans remise sont utilisés au pré-test et au post-test (12 scénarii en tout). Nous évitons ainsi l'apprentissage par l'enfant d'une situation donnée. A chaque essai, l'enfant devait identifier l'intention implicite de son partenaire social (ex : accrocher des vêtements sur un fil au moyen de pince-linges) et lui porter spontanément secours en cas de difficulté (ici : une pince-linge tombée par terre).

Immédiatement après, dix essais de coordination-coopération étaient appliqués soit en condition « avec robot », soit en condition « avec humain » (**Figure 2**). Pendant la phase de coordination, l'enfant était invité à appuyer sur le bouton-poussoir au rythme des Ticks. Au début de chaque essai, dix Ticks étaient délivrés par l'ordinateur pour évaluer la capacité

de l'enfant à se synchroniser dans la situation de simple tâche. Ensuite, le partenaire social chantait la chanson en produisant les Ticks au même temps. La chanson dure 20 secondes. Dès qu'elle s'arrêtait, la phase de coopération avait lieu. Le partenaire s'exclamait en constatant le manque d'un objet dans sa valise et tendait les bras vers l'objet en question, qui se situait hors de sa portée. L'expérimentateur notait si l'enfant rapportait l'objet en question : l'enfant recevait 3 points s'il réagissait à la demande implicite chantée, 2 points à la demande implicite parlée et 1 point à la demande explicite parlée. A chaque essai, un autre objet est impliqué. Le post-test est appliqué deux fois de suite : une fois immédiatement après l'intervention et une fois un mois après l'intervention. A chaque post-test, l'enfant passait 4 nouveaux scénarii d'intentions sociales.

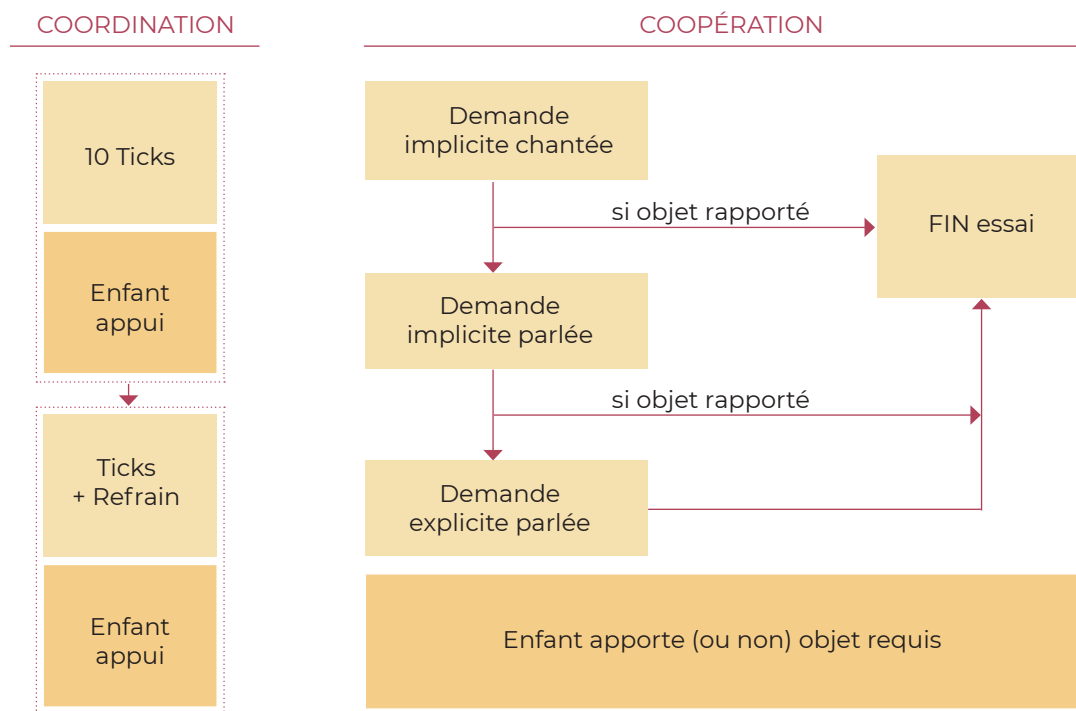


Figure 2. Procédure de la tâche de coordination-coopération.

## V. Résultats

### Comparaison inter-groupe

La comparaison des deux groupes de sujets (**Tableau 1**) montre que le niveau de fonctionnement social, mesuré par ADOS, socio-adaptatif, mesuré par le Vineland, de la communication sociale, mesuré par SCQ, et de la compréhension des intentions sociales, mesuré au pré-test, était plus faibles chez les TSA que chez les enfants typiques. Les enfants TSA ont également obtenu des scores au Conners I, Conners IV, Conners VI, plus élevés que les enfants au développement typiques. Ils présentent par conséquent plus de difficultés comportementales, d'impulsivité et d'hyperactivité. Les mesures de BRIEF ont également confirmé ce constat. En revanche aucune différence significative n'est retrouvée au niveau de l'âge et des compétences cognitives des enfants des deux groupes : les deux groupes ne différaient ni en âge ni en capacités intellectuelles.

## Compréhension des intentions sociales chez TSA

L'ANOVA 2(Partner : humain vs. robot) × 2(Test : pré-test vs. Pos-test) × 2(Group : TSA vs typique) met en évidence une progression du niveau de compréhension des intentions sociales entre le pré-test et le post-test,  $F(1, 38) = 6.549$ ,  $p = 0.015$ , ainsi qu'une interaction entre les facteurs Test et Partner  $F(1, 38) = 9.782$ ,  $p = 0.003$  : le progrès intervenait dans la situation 'humain' seulement (**Figure 3**). Les tests post-hocs avec correction de Holm ont confirmé que le score au test des intentions sociales était plus élevé au post-test dans la condition 'humain' par rapport au pré-test dans la condition 'humain' ( $t = 3.834$ ,  $p = 0.003$ ) et pré-test dans la condition 'robot' ( $t = 2.762$ ,  $p = 0.03$ ).

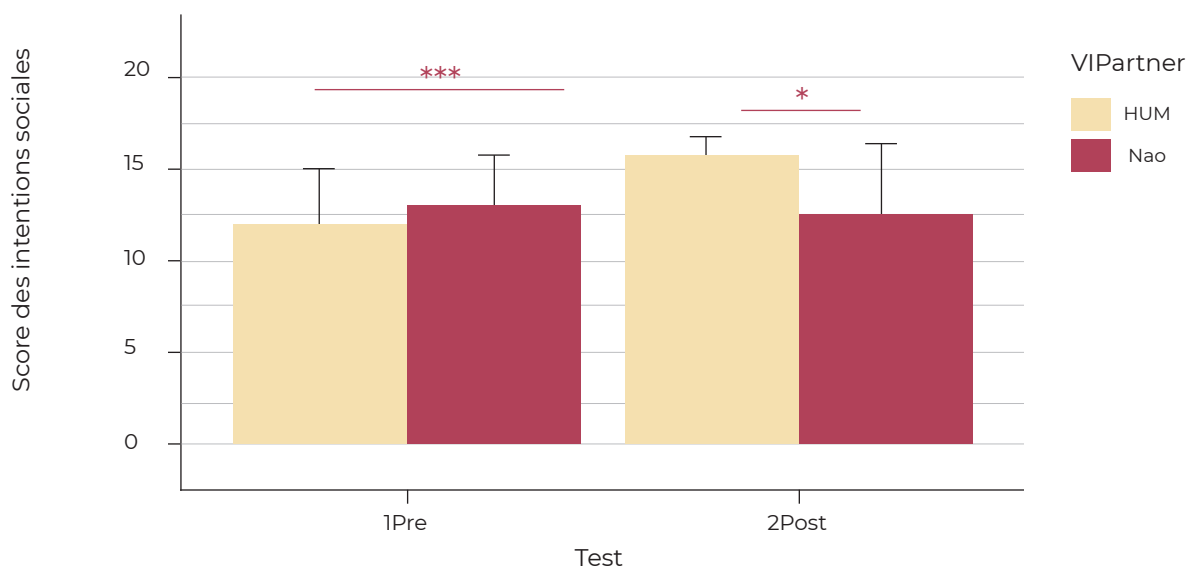


Figure 3. Progression du score de compréhension des intentions sociales en pré et post intervention.

## Coordination motrice

**Imprécision de la coordination.** L'ANOVA2(Partner : humain vs. robot) × 2(Condition : tick vs. refrain) × 2(Group : TSA vs typique) (Figure 2) portant sur l'erreur absolue de phase relative montre que les coordinations avec l'humain sont plus imprécises qu'avec le robot,  $F(1, 37) = 58.855$ ,  $p = 0.001$ , aussi bien chez les TSA que chez les typiques (**Figure 4**). L'enfant a donc plus de facilité à appuyer au bon moment lorsqu'il se coordonne avec le robot qu'avec l'humain. Un regard plus précis sur des données révèle une interaction entre Condition et Partner,  $F(1, 37) = 7.344$ ,  $p = 0.01$ . Lorsque l'enfant interagit avec l'humain, il est plus imprécis dans la condition Tick que Refrain ( $t = 7.572$ ,  $p = 0.001$ ). Lorsque l'enfant suit le refrain, il est plus imprécis dans la condition 'humain' que dans la condition Nao ( $t = 4.022$ ,  $p = 0.001$ ).



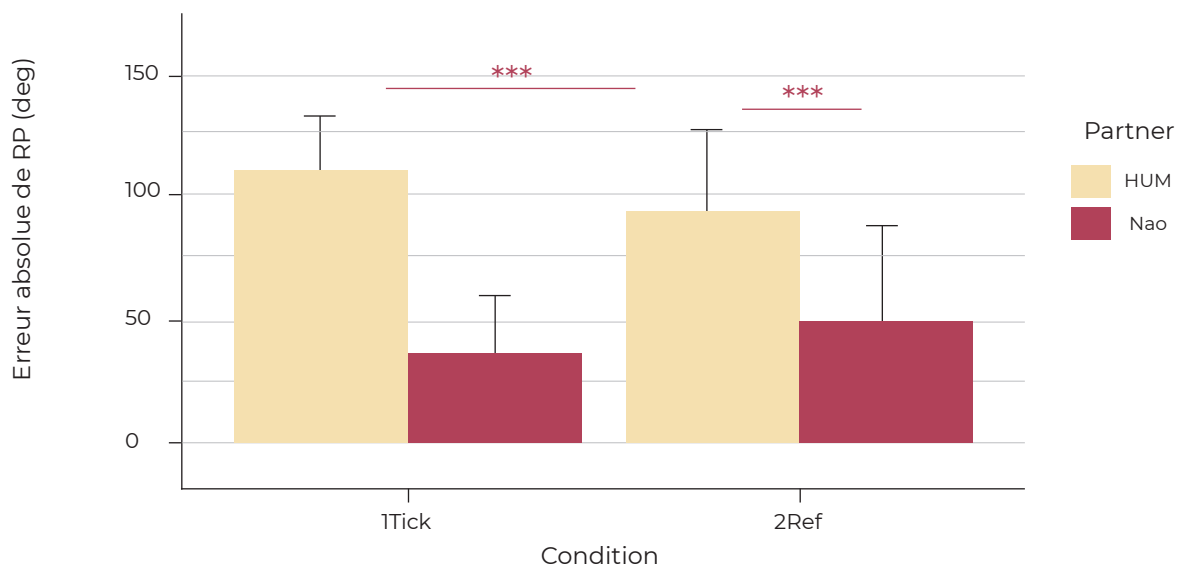


Figure 4. Niveau d'imprécision de la coordination en fonction du partenaire, estimé par l'erreur absolue de la phase relative (PR).

**Instabilité de la coordination.** L'ANOVA 2(Partner) × 2(Condition) × 2(Group) (Figure 3) portant sur la variance des phases relatives montre une interaction entre Condition et Partner,  $F(1, 37) = 9.422$ ,  $p = 0.004$ . Comme illustré par la Figure 5, lorsque l'enfant interagit avec l'humain, la coordination est plus variable dans la condition Refrain que Tick ( $t = 3.385$ ,  $p = 0.01$ ) que dans la condition Refrain, ( $t = 5.756$ ,  $p = 0.001$ ).

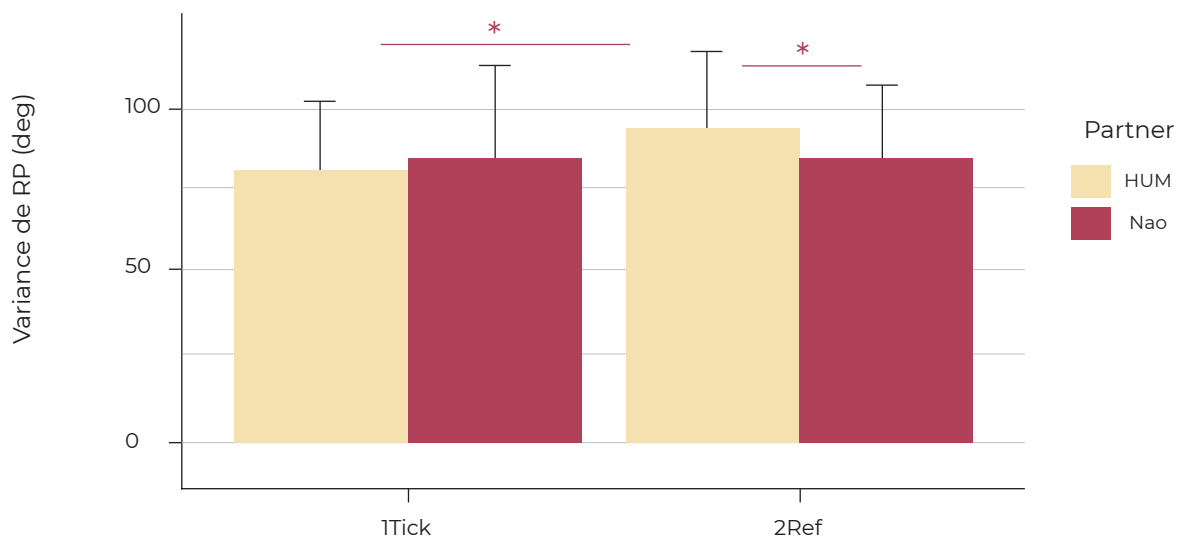
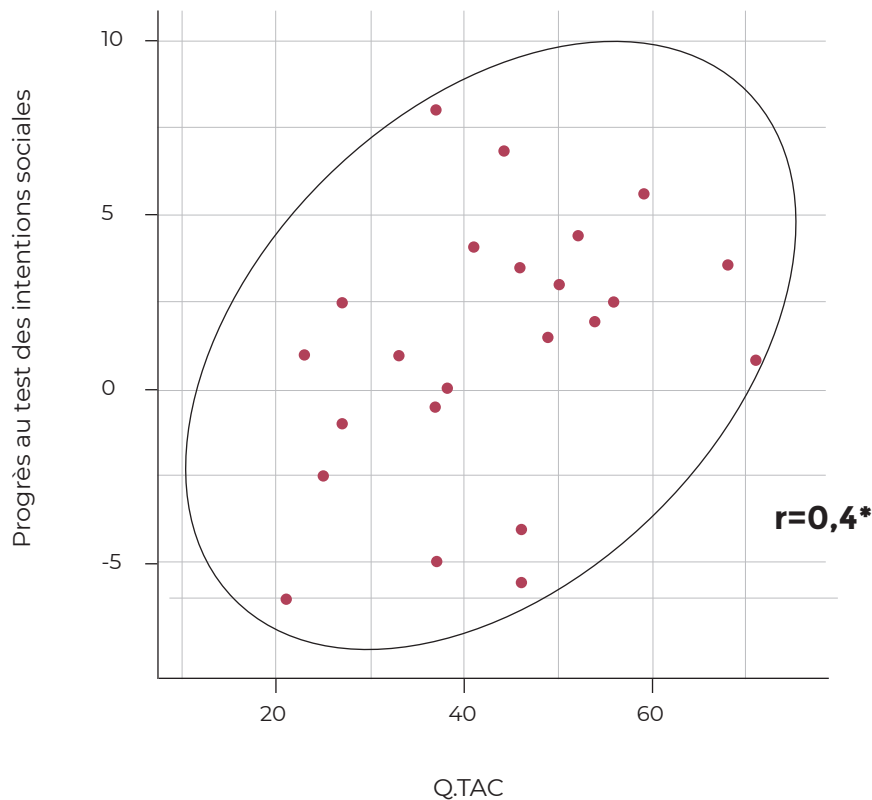


Figure 5. Niveau d'instabilité de la coordination en fonction du partenaire, estimé par la variance des phases relatives (PR).

## Corrélations inter-variables chez des enfants TSA

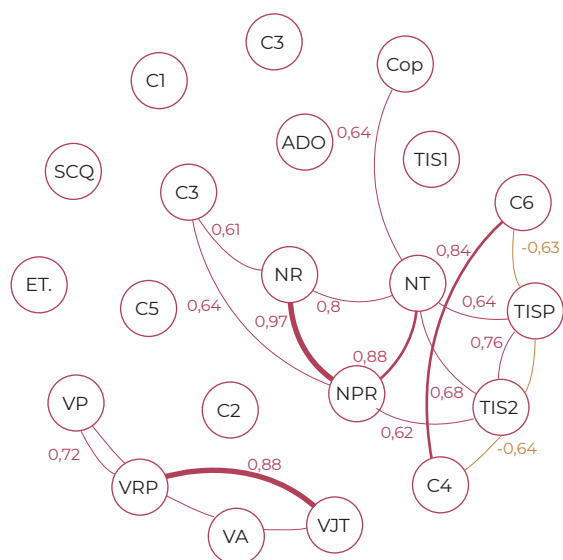
De même une corrélation significative est retrouvée entre le niveau de coordination, estimé par le test Q.TAC, est la progression au test des intentions sociales ( $r = -0,44$ ,  $p < 0,04$ ) chez des enfants TSA : Plus les habilités motrices sont importantes, plus les enfants progressent dans la compréhension des intentions sociales (**Figure 6**).



**Figure 6.** Nuage de points illustrant la corrélation entre le progrès au test des intentions sociales et le test psychométrique de coordination Q.TAC.

Nous avons finalement étudié dans le groupe des enfants avec TSA le réseau de corrélations (**Figure 7**) entre le nombre des patrons de coordination produits par l'enfant (NPR), illustrant l'implication de l'enfant dans la tâche motrice, l'entropie des phases relatives (en condition Tick : ET, en condition Refrain : ER) le score obtenu dans la tâche de coopération (Cop) et dans des tests des intentions sociales (TIS), ainsi que les tests psychométriques évaluant le niveau social (SCQ, V : Vineland II, ADO : ADOS) et le niveau de l'attention (C : Connors). Les cercles dans le réseau ci-dessous correspondent à des variables, les liens à des corrélations significatives entre eux, dont les seuils de significativité ont été ajustés par l'ajustement BH en raison des comparaisons multiples.

Les résultats montrent que le nombre de patrons de coordination produits dans la condition Tick (NT) est positivement corrélé avec la performance obtenue dans la tâche de coopération (NT-Cop), au post-test des intentions sociales (NT-TIS2) et au progrès dans le test des intentions sociales (NT-TISP). Le nombre total des patrons de coordination produits étaient également corrélé le post-test des intentions sociales (NRP-TIS2). Le progrès dans le test des intentions sociales était négativement associé à l'impulsivité (C4) et l'hyperactivité (C6).



**Figure 7.** Réseau des corrélations entre les variables motrices, sociales et attentionnelles chez des enfants avec TSA. TIS1, TIS2, TISP : score au pré-test et au post-test des intentions sociales ainsi que le progrès entre les deux ; ET ER : entropie des PR en condition Tick et Refrain, NPR, NT et NR : nombre de PR produits en tout, dans la condition Tick et dans la condition refrain. Tous les autres sigles figurent dans le Tableau 2.

## VI. Supports d'applications

Différents supports d'application ont été réalisés :

**Support 1 :** Une vidéo de 13 minutes « Le robot Nao améliore-t-il les habiletés sociales des enfants autistes ? » a été réalisée reprenant quelques concepts théoriques et la méthode d'intervention telle qu'elle a été proposée avec le robot Nao. Les résultats de l'étude montrent que les progressions des enfants avec TSA sont plus importantes lorsque l'intervention est proposée avec un partenaire humain qu'avec le robot Nao comme partenaire. Ce résultat est encourageant car il permet de voir qu'une tâche réalisée de manière synchrone avec un partenaire humain permet de mobiliser l'attention de l'enfant, d'avoir une plus grande motivation et une meilleure participation sociale. En revanche les résultats ne montrent pas d'intérêt d'utiliser le robot à des fins rééducatives. La vidéo est en libre accès sur le site web du laboratoire CERPPS. Elle permet aux éducateurs, thérapeutes, parents de comprendre comment a été menée la recherche et les freins pour une application de terrain.

**Support 2 :** Un livret à destination des professionnels et des familles a été réalisé. Ce dernier intitulé « Comment se synchroniser pour mieux participer aux activités quotidiennes » reprend des notions théoriques, une procédure d'application d'exercices dans le quotidien et des témoignages de familles et professionnels qui ont participé. Ce livret est diffusé auprès des familles qui ont participé mais également des professionnels et associations de la région. De plus il est mis en libre accès sur le site du laboratoire CERPPS et de la Firah.

**Support 3 :** 3 brochures et 3 posters ont été réalisés en langue française car il ne nous a pas semblé pertinent de le fournir en langue anglaise vu que sa diffusion est prévue auprès des parents, associations et thérapeutes en France. Ces brochures et posters reprennent des concepts théoriques sur la théorie motrice, l'intérêt de l'utilisation de la robotique dans les TSA et la méthode proposée. (Brochure et poster 1 : « L'assistance par la robotique : La robotique au service des personnes avec TSA ». Brochure et poster 2 : « Méthode d'intervention assistée par la robotique auprès d'enfants avec TSA ». Brochure et poster 3 : « La Théorie Motrice de l'Autisme »). Ces brochures et posters seront disponibles en ligne sur le site CERPPS et FIRAH.

**Support 4 :** Deux participations à des conférences ont été réalisées :

**1/** La coordination motrice avec le robot NAO favorise-t-elle la compréhension des intentions sociales des enfants autistes. Société de PsychoPhysiologie et Neurosciences cognitives, 12 et 13 décembre 2019, Hôpital Purpan, TOULOUSE.

**2/** Coordination motrice et compréhension des intentions sociales des enfants autistes. Séminaire du laboratoire CERPPS septembre 2019. D'autres interventions sont prévues comme une soumission pour une communication à AFTCC en décembre 2020. Un article est en cours de rédaction et nécessite une publication avant diffusion des résultats (Kostrubiec, V., Kruck, J. Does a social robot facilitate the learning to cooperate in high-functioning children with ASD? An educative intervention using coordination-cooperation paradigm. En préparation).

**Support 5 :** Une introduction aux théories motrices de TSA est proposée en cours magistral dans le cadre de l'enseignement en de Master 2 Professionnel Autisme et autres troubles neuro-développementaux (réalisation en décembre 2018 et novembre 2019). Cet enseignement sera reconduit en 2020 et les résultats finaux de l'étude y seront ajoutés.

## **Pour en savoir plus :**

<https://cerpps.univ-tlse2.fr/resultats/>

<https://www.firah.org/fr/coordination-et-habilites-sociales-chez-l-enfant-porteur-du-trouble-du-spectre-de-l-autisme.html>