

Autisme : illustrations des difficultés à traiter les informations dynamiques à travers une synthèse de trois études

Perception du mouvement biologique et physique - Conséquence de la vitesse et de la durée de présentation des stimuli sur leur perception et leur traitement.

Aurore Charrier¹ et Carole Tardif²

Depuis quelques années, un nombre croissant d'études tend à montrer que les personnes autistes rencontrent des difficultés à traiter en temps réel les informations visuelles dynamiques, en particulier lorsqu'elles sont complexes et rapides (Gepner & al., 2001, 2005, 2006). Ces résultats sont corroborés par les observations cliniques et les témoignages des personnes autistes elles-mêmes. Temple Grandin (1995) écrit, par exemple : « *Il se pourrait que les problèmes de contact oculaire rencontrés par les enfants avec autisme résultent en partie d'une incapacité à supporter le mouvement des yeux d'un interlocuteur. Un autiste a raconté qu'il lui était difficile de regarder les yeux de quelqu'un parce qu'ils n'étaient jamais immobiles* » (p. 73-75). Pour illustrer ces particularités chez les personnes avec TSA (Troubles du Spectre de l'Autisme), nous présentons trois études récentes.

Dans la première étude, **Blake & al. (2003)** observent que le groupe d'enfants avec autisme se révèle être en difficulté pour percevoir le mouvement biologique (qui correspond aux actions de l'homme ou des animaux) alors qu'il réussit correctement une tâche de détection de forme statique.

Des données similaires sont obtenues chez les personnes avec TSA dans la perception du mouvement physique (qui se réfère aux mouvements des objets et des stimuli non vivants) dans certaines études (Milne & al., 2002 ; Spencer & al., 2000), tandis que d'autres obtiennent des résultats plus contrastés (Koldewyn, Whitney, & Rivera, 2010). Aussi, la deuxième étude que nous proposons, effectuée par **Robertson, Martin, Baker, & Baron-Cohen (2012)**, permet de donner une explication quant à ces résultats parfois divergents, en montrant que la perception du mouvement physique peut être dépen-

dante de la vitesse de présentation des stimuli. Dans cette recherche, les participants avec autisme présentent un déficit dans l'appréciation de la perception du mouvement cohérent lorsque la durée de présentation des stimuli est brève, ce qui n'est pas le cas quand la durée est allongée et qu'ils ont alors plus de temps pour les traiter.

Aussi, l'étude de **Lainé, Rauzy, Tardif & Gepner (2011)** montre que la présentation de mouvements sur un écran d'ordinateur, en vitesse ralentie versus vitesse habituelle, a un impact positif sur les capacités imitatives d'enfants et adolescents avec TSA, sensibles au ralentissement, comparativement à des enfants ayant un retard mental (syndrome de Down) ou un développement typique.

Nous détaillons maintenant les trois études.

La reconnaissance visuelle du mouvement biologique est altérée chez les enfants avec autisme

Blake, R., Turner, L. M., Smoski, M. J., Pozdol, S. L. & Stone, W. L. (2003). Visual recognition of biological motion is impaired in children with autism, *Psychological Science*, 14, 2, 151-157.

Dans cette étude **Blake & al. (2003)** ont comparé les performances des enfants autistes dans une tâche de détection du mouvement humain versus non humain et une tâche statique de détection d'une forme.

¹ Doctorante en Psychologie sous la direction de C. Tardif, Centre de Recherche PSYCLE (Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion), Université d'Aix Marseille.

² Professeur de Psychologie du développement normal et pathologique, Centre de Recherche PSYCLE, Université d'Aix Marseille.

Synthèses d'articles scientifiques

Introduction : L'homme passe beaucoup de son temps à interpréter les actions d'autrui, et pour ce faire, il s'appuie fortement sur l'information visuelle et le mouvement. Les gens regardent les mouvements des yeux des autres personnes pour tenter d'en déduire ce qu'ils pensent, et évaluent leur langage corporel et leurs expressions faciales pour inférer leur humeur et leurs intentions. Or, il semblerait, qu'en partie tout au moins, le traitement du mouvement soit altéré chez les enfants autistes. Milne & al. (2002) et Spencer & al. (2000) ont ainsi montré que les enfants autistes éprouvaient des difficultés à percevoir le mouvement global et cohérent (mouvement physique). Au niveau neurologique, les informations visuelles sont principalement analysées par deux voies ou axes de traitement distincts d'un point de vue anatomique et fonctionnel : d'une part, *la voie ventrale* qui permet l'analyse de la forme de l'objet et son identification, et d'autre part, *la voie dorsale* spécialisée quant à elle dans la perception des mouvements, la localisation des objets et la programmation de l'action (de Haan & Cowey, 2011 ; Shapley, 1990). Les résultats de Milne & al. (2002) et Spencer & al. (2000) ont alors été interprétés comme une indication d'un fonctionnement anormal dans l'autisme de la voie visuelle dorsale, voie impliquée dans le traitement du mouvement. La présente recherche prolonge ces résultats en s'intéressant au traitement visuel d'un autre type de mouvement, le mouvement biologique.

Sujets et procédure : Douze enfants autistes, âgés de 8 à 10 ans, sont appariés par âge mental à 9 enfants ayant un développement typique, d'un âge chronologique de 5 à 10 ans.

Les participants sont soumis à deux tâches : (1) une tâche qui les conduit à traiter un mouvement biologique, (2) une tâche qui les conduit à traiter une forme globale. Dans la tâche (1), des enregistrements vidéos d'un adulte engagé dans une variété d'activités familières (courir, frapper, grimper, lancer, sauter) sont retranscrits par ordinateur, et des marqueurs sont placés sur les articulations dans chaque image de la séquence vidéo, puis convertis en matrices pouvant être animées et manipulées dans MatLab (pour une description plus détaillée de la technique voir Grossman & Blake, 1999). Au total, 50 animations (points noirs sur fond gris) sont présentées de manière aléatoire : 25 représentent des mouvements biologiques normaux, et 25 représentent des séquences de phase brouillée (voir Figure 1). On dit au sujet qu'il va voir quelques petits films de points qui se déplacent soit « comme une personne », soit « pas comme un être humain ». Une fois familiarisé avec l'idée du mouvement biologique, les 50 séquences sont présentées (initiées par l'enfant) et il doit dire verbalement si la séquence était « une personne » ou « pas une personne ».

La tâche (2) n'a rien à voir avec le mouvement mais permet d'obtenir une évaluation rigoureuse de la motivation et des capacités attentionnelles des participants autistes ainsi qu'un indice sur la façon dont ils parviennent à réaliser une activité qui nécessite un regroupement visuel d'éléments distribués spatialement mais sans mouvement. La totalité d'un moniteur vidéo est rempli avec des lignes courtes (noires sur fond gris clair) dont les orientations sont déterminées aléatoirement. L'ensemble de l'écran est divisé, à l'aide de traits noirs épais, en quatre quadrants de tailles équivalentes. Dans une de ces fenêtres apparaît une cible quasi-circulaire composée de 8

lignes et dont la clarté visuelle est plus ou moins perturbée (voir Figure 2). Le sujet est invité à trouver la forme cachée ressemblant à un « badge de police » ou à « une forme amusante d'un signe stop ». Des exemples de stimuli sont montrés et une série de 10 essais très facile (cercle parfaitement formé) est présentée ; l'enfant ne passe pas à la phase test à proprement parler tant qu'il n'obtient pas 100 % de performances correctes. Le niveau de difficulté est évalué pour chaque enfant de façon à ce qu'il arrive à identifier correctement la cible sur 71 % des essais. L'essai présenté est plus difficile après une réussite de l'enfant, et l'est moins après une erreur. D'autre part, un feedback (la bonne réponse) est présenté à l'enfant, après chaque réponse.

En plus de mesurer les différences entre les deux groupes sur ces deux épreuves, la relation entre l'exécution de la tâche et la gravité des symptômes autistiques (évaluée à l'aide de l'ADOS-G, Lord & al., 2000 ; et de la CARS, Schopler, Reichler, & Renner, 1988) est également testée.

Résultats :

- En ce qui concerne l'épreuve de mouvement biologique : pour chaque enfant, les succès et les erreurs (répondre « personne » à une séquence brouillée) ont été compilés et utilisés pour calculer d' , (mesure classique pour appréhender la sensibilité dans une prise de décision). Les valeurs d' moyennes entre les enfants du groupe avec autisme

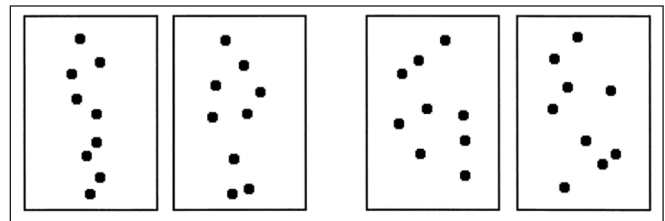


Figure 1 : Exemple de stimuli utilisés dans la tâche de mouvement biologique. À gauche, deux images non successives d'une séquence d'animation représentant une activité humaine. À droite, les points ont été déplacés de façon à ne plus représenter une activité humaine.

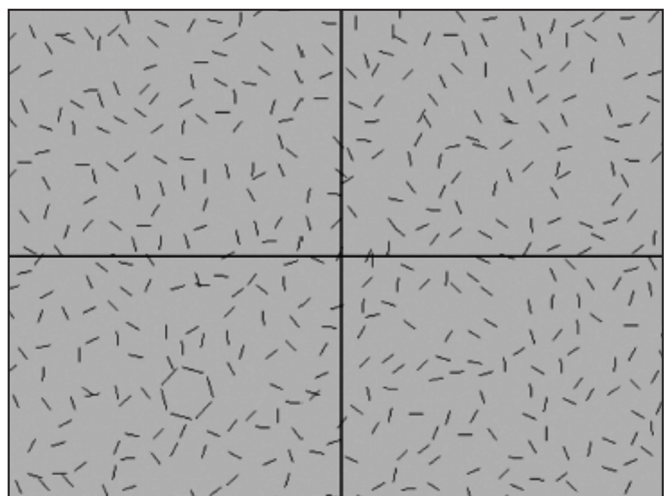


Figure 2 : Exemple de stimulus utilisé dans la tâche de regroupement visuel. La cible circulaire à trouver apparaît ici clairement en bas à gauche de l'écran.

et ceux du groupe contrôle sont significativement différentes. Pour l'échantillon avec autisme, la corrélation entre la sévérité de l'autisme et le score *d'* du test de mouvement biologique est calculée. Les corrélations des 2 mesures sont significatives, indiquant une relation entre la gravité des symptômes autistiques et les performances obtenues à la tâche de mouvement biologique. Le score *d'* est aussi significativement corrélé avec l'âge mental chez les enfants autistes, mais pas avec l'âge chronologique chez les enfants au développement typique.

- La tâche de forme globale : les différences des valeurs de seuil entre les deux groupes, expérimental et témoin, ne sont pas significatives. Les performances des enfants autistes ne sont cette fois corrélées ni avec la gravité des symptômes autistiques ni avec l'âge mental. Il n'y a pas non plus de corrélation entre les scores et l'âge chronologique pour les sujets typiques.

Discussion : Les enfants autistes réussissent correctement la tâche impliquant la détection d'un objet inanimé dans un fond fortement encombré où le seul indice indiquant le contour de l'objet est la position des lignes dans l'espace. Ce résultat n'est pas simplement dû à la bonne capacité des enfants autistes à traiter une partie des stimuli tout en ignorant les caractéristiques contextuelles qui pourraient les déranger (Happé, 1996 ; Plaisted, O'Riordan & Baron-Cohen, 1998). En effet, dans cette tâche, il n'y avait pas de contexte à ignorer, puisque tous les éléments présents dans l'écran étaient potentiellement une partie de la figure à trouver. Ainsi, la bonne performance des sujets autistes confirme qu'ils étaient capables de comprendre les instructions de l'expérimentateur et de maintenir un niveau adéquat d'attention pendant la passation de l'expérience.

En revanche, la perception visuelle des mouvements biologiques est déficiente chez les sujets autistes. Ce résultat ne peut être attribué à un manque de motivation ou d'attention (l'épreuve étant normalement moins contraignante que la précédente). La différence de performance entre les tâches de mouvement biologique et de forme pourraient être attribuable aux différences dans l'émergence de la capacité d'y réussir durant la trajectoire développementale, la tâche forme pourrait être réussie plus précocement que la tâche de mouvement biologique. Toutefois, les données concernant les tendances développementales indiquent le contraire : les enfants acquièrent des niveaux de performances équivalents aux adultes pour les tâches de mouvement biologique à un âge beaucoup plus précoce (Fox & McDaniel, 1982 ; Kovács, Kozima, Fehrer & Benedek, 1999 ; Pavlova, Krägeloh-Mann, Sokolov, & Birbaumer, 2001). Ainsi, ni la motivation, ni des trajectoires développementales différentes dans le traitement de la perception des formes n'expliquent ces résultats.

Une autre explication possible est que les mécanismes neuronaux responsables de l'intégration des signaux locaux en mouvement soient altérés dans l'autisme. Les personnes autistes présentent généralement une capacité réduite à reconnaître les expressions faciales émotionnelles (Bormann-Kischkel, Vilsmeier & Baude, 1995). Or, les expressions du visage sont véhiculées par des patterns caractéristiques des mouvements des yeux, du front et de la bouche, qui consti-

tuent une forme particulière de mouvement biologique. Les sujets typiques parviennent à identifier les expressions émotionnelles du visage en s'appuyant sur des points lumineux équivalents à ceux utilisés dans cette étude (Bassili, 1978). Il pourrait ainsi être envisagé, en partie au moins, que les difficultés des personnes autistes soient consécutives à des difficultés d'intégration de mouvements associés à l'expression de ces émotions faciales.

D'autre part, il a été montré que les enfants autistes ont besoin d'un pourcentage de points se déplaçant dans un sens donné plus élevé que les enfants typiques, afin de détecter le mouvement cohérent au sein d'un ensemble de points se déplaçant de manières aléatoires (Milne & al., 2002 ; Spencer & al., 2000). Bien que les tâches de mouvement biologique se distinguent de ces tests, l'existence de déficits sur ces deux types d'épreuves de mouvement renforce encore l'hypothèse selon laquelle le système visuel (voie dorsale) est altéré dans l'autisme.

Une intégration atypique des signaux du mouvement dans les troubles du spectre de l'autisme

Robertson, C.E., Martin, A., Baker, C.I., & Baron-Cohen, S. (2012). Atypical Integration of Motion Signals in Autism Spectrum Conditions. *PLOS ONE*, 7, 1, 1-9.

La recherche réalisée par **Robertson, Martin, Baker, & Baron-Cohen (2012)** concerne l'impact de la vitesse de présentation de stimuli sur les performances en perception du mouvement cohérent par des personnes TSA. L'objectif était ainsi d'évaluer si la perception du mouvement cohérent est catégoriquement atypique dans les TSA, ou relève simplement d'une dépendance différente aux paramètres du stimulus qui facilitent l'intégration des signaux mouvant en une perception globale.

Introduction : Les personnes TSA sont caractérisées par une supériorité de la perception visuelle pour les tâches nécessitant la perception d'éléments locaux, ou des déficits lorsque la tâche exige de mettre l'accent sur des éléments globaux (Shah & Frith, 1983 ; Jolliffe & Baron-Cohen, 1997 ; Plaisted, O'Riordan & Baron-Cohen, 1998 ; Mottron, Burack, Stauder & Robaey, 1999 ; Jarrold, Gilchrist & Bender, 2005 ; Happé, Briskman & Frith, 2001 ; Plaisted, Swettenham & Rees, 1999 ; Rinehart & al., 2000). De nombreuses études ont mis en évidence un déficit dans la perception du mouvement cohérent dans les TSA. Dans ces recherches, les sujets TSA obtiennent des seuils de perception de la cohérence du mouvement plus élevés que les sujets typiques (le seuil de cohérence est défini comme le pourcentage de points, se déplaçant dans le même sens, nécessaire à l'observateur pour qu'il puisse dire, de façon certaine, quelle est la direction du mouvement. Un seuil bas reflète une bonne sensibilité tandis qu'un seuil élevé révèle une faible sensibilité au mouvement cohérent). Spencer et al. (2000) ont constaté que les seuils de perception du mouvement cohérent des sujets TSA étaient

Synthèses d'articles scientifiques

45,6 % plus élevés que ceux des sujets contrôles. Au moins six études à ce jour ont reproduit ce déficit de cohérence dans la perception du mouvement (Milne & al., 2002 ; Spencer & al., 2000 ; Pellicano & al., 2005 ; Tsermentseli, O'Brien & Spencer, 2008 ; Spencer & O'Brien, 2006), ce qui en fait l'une des constatations les plus répliquées dans la littérature sur la perception visuelle dans les TSA.

Dans la présente étude, les auteurs évaluent si la vitesse à laquelle les mouvements sont intégrés est atypique dans l'autisme en modifiant la durée du stimulus. En effet, comprendre le rôle joué par la durée du stimulus sur la performance peut aider à éclairer les différentes hypothèses explicatives du déficit de perception du mouvement dans l'autisme (vulnérabilité du système visuel c'est-à-dire de la voie dorsale/magnocellulaire versus défaut d'intégration visuelle).

Sujets et procédure : Quarante participants adultes (20 sujets TSA avec un haut niveau de fonctionnement et 20 sujets contrôles) ont participé à l'étude.

Les participants ont effectué trois versions de la tâche classique de discrimination du mouvement à choix forcé (Britten, Shadlen, Newsome & Movshn, 1992), avec trois durées de présentation : 1500 ms, 400 ms et 200 ms. Dans cette épreuve, les participants doivent indiquer manuellement (en appuyant sur un bouton) la direction globale du mouvement (droite ou gauche).

Résultats :

- En ce qui concerne l'interprétation des signaux de mouvement : comparativement aux témoins, les participants avec TSA ont jugé moins précisément l'orientation du mouvement lorsque les durées de présentations étaient courtes (200 ms). Afin de caractériser l'interaction entre le stimulus, la durée et le diagnostic, des analyses post-hoc ont été réalisées. Les seuils perceptifs significativement plus élevés dans le groupe des participants avec TSA sont uniquement visibles pour la durée la plus courte de visualisation (200 ms). Les analyses de variance montrent un effet significatif du groupe pour 200 ms, une tendance pour 400 ms et pas d'effet pour 1500 ms. Ceci indique que le décalage dans la performance observé dans le groupe avec TSA est spécifique à une durée de visionnage brève.
- Pour les deux niveaux les plus élevés de cohérence (50 % et 75 %), dans chaque groupe, les performances atteignent les niveaux plafonds et ce pour toutes les durées. Ceci indique que les deux groupes ont pu identifier le mouvement de grande cohérence pour toutes les durées.
- Le déficit de perception du mouvement est en corrélation avec la symptomatologie autistique. Une association entre l'intégration visuelle atypique et la gravité des symptômes chez les sujets avec TSA est notée ; les résultats suggèrent que l'intégration visuelle atypique peut être intimement liée à la sévérité des symptômes et déficits de communication sociale. La performance n'a pas été influencée par le QI.

Discussion :

Un déficit dans la perception du mouvement cohérent dans les TSA est observé lorsque la durée de présentation de l'information est courte. Ce déficit disparaît pour des durées

longues. Ainsi, le déficit de la perception du mouvement cohérent semble résulter d'un déficit de l'intégration visuelle, plutôt que d'un traitement primaire inexact du mouvement, ou d'une incapacité à intégrer les mouvements locaux en un percept global. Ce déficit dans la perception du mouvement global, spécifique aux durées de présentation courtes, pourrait théoriquement résulter de l'une des deux hypothèses suivantes : (1) un seuil élevé de décision ou (2) un ralentissement du taux d'accumulation des informations. Un seuil élevé nécessiterait plus de temps pour prendre une décision, ce qui pourrait entraîner de moins bonnes performances pour les présentations de courte durée, les informations enregistrées n'étant pas suffisantes pour arriver à prendre une décision. Un rythme plus lent pour accumuler les informations nécessaires conduirait également à un déficit de performances pour les périodes courtes, puisque qu'il nécessiterait plus de temps.

Les résultats pourraient appuyer l'hypothèse d'une vulnérabilité de la voie dorsale : une diminution du taux des informations entrantes pourrait résulter d'un signal visuel précoce faible. Une deuxième théorie dominante postule que le niveau de variabilité dans les signaux du mouvement du système visuel des personnes autistes pourrait être similaire à celui des contrôles, mais que les processus d'intégration de l'information perceptive en tant que tels sont atypiques et affectent particulièrement la perception des stimuli complexes (Bertone, Mottron, Jelenic & Faubert, 2003) et globaux (Frith, 1989). Les présents résultats sont en accord avec l'existence d'un déficit d'intégration des signaux de mouvement, mais l'intégration des stimuli dynamiques est un procédé évoluant temporellement et repose sur la quantité de temps pour accumuler des informations. En tant que tel, l'intégration perceptive, même des signaux complexes, peut ne pas être atypique dans le système visuel des personnes avec autisme, mais être simplement plus lente (Gepner & Mestre, 2002).

L'intégration atypique des mouvements peut être un marqueur de la symptomatologie autistique. Une corrélation entre les scores ADOS et les seuils de perception des participants TSA est relevée. Parmi les premiers marqueurs comportementaux des TSA, on trouve des échecs à faire usage de signes sociaux dynamiques dans l'environnement. Le suivi du regard, le pointage, l'orientation visuelle sont par exemple atypiques (Baranek, 1999 ; Baron-Cohen, 1989 ; Leekam & al., 1997). Si le mécanisme impliqué pour la réalisation d'une tâche de décision du mouvement est dysfonctionnant chez les personnes TSA, il pourrait l'être également pour une tâche de discrimination du mouvement dans laquelle les stimuli ne sont pas des points, mais des yeux. Enfin, les présents résultats pourraient également apporter un éclairage sur la perception du mouvement biologique atypique largement rapportée dans l'autisme (Koldewyn, Whitney & Rivera, 2010 ; Moore, Hobson & Lee, 1997 ; Hubert & al., 2007 ; Parron & al., 2008). En effet, selon les auteurs de cette recherche, on peut envisager que les déficits en matière d'intégration temporelle rapide puissent concerner la perception du mouvement non biologique et du mouvement biologique. D'ailleurs, une corrélation entre les performances sur des tâches de mouvement cohérent et biologique a été trouvée chez les personnes présentant un autisme (Koldewyn, Whitney & Rivera, 2010 ; Atkinson, 2009).

Le ralentissement de la présentation des mouvements faciaux et corporels facilite l'imitation chez des enfants avec un autisme sévère

Lainé, F., Rauzy, S., Tardif, C. & Gepner (2011). Slowing Down the Presentation of Facial and Body Movements Enhances Imitation Performance in Children with Severe Autism. *Journal of Autism Developmental Disorders*, 41, 983-996.

Cette recherche de **Lainé, Rauzy, Tardif, & Gepner (2011)** concerne l'impact que peut avoir la vitesse de présentation de mouvements du visage et du corps, sur les performances imitatives d'enfants et adolescents avec TSA. Elle permet d'examiner également les liens entre vitesses, performances, et degré de sévérité des troubles. Les résultats obtenus chez les enfants avec TSA sont comparés à ceux obtenus chez des enfants avec un développement typique et chez des enfants avec un syndrome de Down (trisomie 21).

Introduction : Les déficits imitatifs sont fréquemment observés chez les personnes autistes, indépendamment de leur QI et de la sévérité de leurs troubles autistiques (ex. Avikainen & al. 2003 ; Beadle-Brown & Whiten 2004 ; Dawson & Adams 1984 ; Rogers & al. 2003 ; Sigman & Ungerer 1984 ; Smith & Bryson 1998 ; Stieglitz, Ham & al. 2008). Présents dès la première année de vie (Osterling & Dawson, 1994 ; Zwaigenbaum & al., 2005), ils persistent pendant l'enfance et l'adolescence (Heimann & Ullstadius 1999 ; Heimann & al. 1992 ; Stieglitz Ham & al. 2010). L'imitation est essentielle à la communication chez les enfants typiques, et un bon prédicteur des habiletés sociales futures (Nadel, 2006). Ainsi, des déficits imitatifs peuvent être considérés comme fortement impliqués dans les anomalies de la communication et la pauvreté des habiletés sociales des enfants avec TSA. Comme la perception de l'action de l'autre est contingente à la capacité de traiter le mouvement impliqué dans l'action, des problèmes au niveau des premières étapes du processus imitatif, c'est-à-dire dans les processus attentionnels et perceptifs, peuvent grandement contribuer au déficit imitatif observé dans l'autisme (Vivanti & al., 2008). Un nombre croissant d'études comportementales ou en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) indiquent que les personnes avec TSA rencontrent des difficultés à percevoir les mouvements biologiques présentés soit par des animations en points lumineux (par exemple **Blake & al. 2003** ; Freitag & al., 2008 ; Herrington & al., 2007 ; Klin & al., 2009), soit par de véritables mouvements faciaux ou corporels (Gepner & al., 2001). Ces difficultés pourraient être dues à des problèmes dans la perception et le traitement en temps réel des mouvements rapides (Gepner & al, 1995 ; Gepner & Mestre 2002, b ; Rinehart & al. 2010). Ces déficits de base pourraient entraîner des ralentissements dans la vitesse de traitement de l'information (Welsh & al, 2005 ; Gepner & Féron 2009). Des études ont montré que, par rapport aux enfants qui se développent normalement, les enfants atteints d'autisme reconnaissent et imitent spontanément mieux les expressions faciales, qu'elles soient émotionnelles

ou non, quand elles sont présentées en vitesse ralentie versus vitesse habituelle de la vie quotidienne (Gepner & al 2001 ; Lainé & al. 2008a ; Tardif & al. 2007). En outre, le déficit de perception du mouvement biologique serait lié au degré de sévérité de l'autisme (**Blake & al., 2003**). Alors les enfants ayant les troubles les plus importants bénéficieraient davantage d'une présentation ralentie pour traiter des tâches de reconnaissance d'expressions faciales et d'imitation spontanée. Dans une étude pilote, une amélioration dans l'imitation des gestes a été observée chez des enfants atteints d'autisme lorsque ces gestes sont présentés lentement (Lainé & al., 2008b).

Les auteurs de cet article proposent l'existence, chez une partie au moins des individus avec TSA, de désordres perceptif et d'intégration sensori-motrice des mouvements biologiques et physiques, particulièrement lorsque ces derniers sont rapides. Ceci pourrait expliquer une partie de leur troubles moteurs, imitatifs et leur déficit communicatif et social.

Quatre buts étaient ainsi poursuivis dans cette recherche :

- 1) Etudier l'imitation faciale et corporelle d'enfants avec TSA, comparativement à des enfants ayant un développement typique et à des enfants atteints d'un syndrome de Down, les groupes étant appariés au niveau de l'âge mental verbal (AMV) et non verbal (AMNV), et du genre ;
- 2) Répliquer les résultats précédents montrant un effet bénéfique d'une présentation ralentie des mouvements biologiques sur les performances imitatives d'enfants avec TSA ;
- 3) Observer si les effets bénéfiques de cette présentation ralentie améliorent plus particulièrement les performances des enfants avec un autisme sévère ;
- 4) Voir si les bénéfices obtenus avec le ralentissement concernent spécifiquement les enfants avec TSA, ou plus généralement les enfants avec une déficience intellectuelle (due à leur T21).

Sujets et procédure : Dix-neuf enfants autistes (de 6 ans 4 mois à 17 ans 6 mois, diagnostiqués sur les critères du DSM-IV-TR) ont été répartis en sous-groupes en fonction du degré de sévérité d'autisme (CARS, Schopler & al., 1980), de leur âge mental verbal (EVIP, Dunn & al., 1993) et non verbal (PCM-T, Raven, 1981 et Triangles et Matrices analogues du K-ABC, Kaufman & Kaufman, 1993). Ils ont été comparés à des enfants au développement typique, appariés individuellement avec ceux-ci, sur la base du genre et de l'AMV, ou de l'AMNV, et ils ont également été comparés à des enfants avec un syndrome de Down, appariés individuellement sur la base du genre et de l'AMNV.

Étaient présentées aux enfants, sur écran d'ordinateur, 20 séquences montrant une personne filmée en train de réaliser des mouvements faciaux ou corporels, sans signification (càd pas de gestes symboliques par exemple). Ces mouvements effectués sont extraits ou inspirés du K-ABC, du PEP-R, du Gesture Test, des travaux de Beadle-Brown & Whiten, 2004 ; Green & al., 2002). Ces séquences filmées ont été présentées dans les trois vitesses suivantes : normale, lente, très lente.

La variable dépendante était le score obtenu en imitation, l'enfant devant reproduire les gestes effectués par la personne ou

Synthèses d'articles scientifiques

les mouvements qu'elle fait avec le visage. Pour chaque item à imiter, l'enfant obtenait un score de 2 s'il avait entièrement imité le geste, de 1 si la reproduction était incomplète, et de 0 s'il échouait. Il y avait 60 items à imiter et donc les scores pouvaient ainsi aller de 0 à 120.

Résultats :

- Une analyse des performances imitatives entre les groupes révèle un effet simple du groupe : le groupe avec autisme a une performance plus faible que les 2 groupes contrôles typiques, mais pas significativement différente du groupe contrôle avec déficience mentale.
- Le score total d'imitations du groupe avec autisme est négativement corrélé au score de la CARS : les enfants autistes avec les scores les plus faibles à la CARS (donc autisme léger) réussissent mieux que ceux avec des scores plus élevés (donc autisme modéré), qui eux-mêmes réussissent mieux que ceux avec des scores élevés (donc autisme sévère).
- Les enfants autistes avec un AMV bas ont des performances plus faibles en imitation, que ceux ayant des AMV plus hauts. Aucun effet n'est obtenu en fonction de l'AMNV. Les enfants autistes avec un AMV et un AMNV les plus hauts réussissent aussi bien que les enfants avec Trisomie 21 et les enfants typiques ; ce qui n'est pas le cas des autres enfants autistes (AMV et AMNV faibles) qui réussissent moins bien.
- Les enfants avec autisme sévère sont ceux qui améliorent le plus leurs scores lors de la présentation ralentie, et sont donc plus aidés par le ralentissement des stimuli que les autres, avec un autisme modéré et léger ; et ceci est constaté pour chaque enfant appartenant à ce sous-groupe « autisme sévère ».

Discussion :

Les principaux résultats montrent que (1) les enfants autistes ont des scores significativement plus faibles en imitation de gestes que les enfants se développant normalement, mais pas significativement différents de ceux avec un syndrome de Down ; (2) l'ensemble du groupe avec autisme (tout degré de sévérité confondu) n'a pas mieux imité les gestes lors de leur présentation ralentie, comparativement à leur présentation en vitesse normale, mais (3) les enfants les plus sévèrement touchés par l'autisme sont ceux qui ont le plus significativement bénéficié du ralenti. Si le bénéfice de la présentation ralentie n'est pas observée sur le groupe dans son ensemble (d'où l'utilité de faire des sous-groupes plus homogènes en terme de profil et de sévérité), le bénéfice du ralenti est toutefois spécifique à l'autisme, puisque ni les témoins typiques des deux groupes (AMV et AMNV), ni les témoins avec T21 ne sont sensibles aux modifications apportées par le ralenti, dans le sens d'une facilitation à imiter les gestes, comme observé dans le sous-groupe avec un « autisme sévère ».

En accord avec les recherches précédentes, les résultats de cette étude montrent que les enfants autistes obtiennent des performances en imitation inférieures aux enfants typiques appariés sur l'AMV et à ceux appariés sur l'AMNV, et ce d'autant plus que les enfants autistes ont un AMV faible ou moyen (ceux ayant un AMV élevé réussissent aussi bien que les sujets typiques). Ces résultats confirmeraient qu'il existe

une relation entre le niveau de développement du langage et l'imitation dans l'autisme (Stone & al., 1997; Rogers & al., 2003).

Les auteurs ont supposé que des troubles de la perception et de l'intégration sensori-motrices des mouvements biologiques et physiques (notamment les plus rapides) chez les personnes atteintes d'autisme pourraient expliquer un grand nombre de leurs problèmes moteurs, imitatifs, communicatifs et sociaux par des effets en cascade (Gepner & Mestre, 2002 ; Gepner & Féron, 2009, pour une revue). Dans la présente étude, les participants avec autisme pris dans leur ensemble n'ont pas bénéficié de la présentation ralentie des mouvements du visage et du corps. En revanche, un bénéfice a été observé pour les enfants présentant les troubles les plus importants.

Par ailleurs, on peut discuter des faibles performances en imitation des sujets autistes sévères qui peuvent aussi s'expliquer par une déficience motrice. Plusieurs études ont déjà montré que les déficiences motrices des enfants autistes ne sont pas toujours suffisantes pour expliquer leur déficit en imitation (Rogers & al., 1996, 2003 ; Stieglitz Ham & al., 2008, 2010) et que ces troubles ne semblent pas être spécifiques à l'imitation (Mostofsky & al., 2006). La contribution des habiletés motrices à l'imitation dans l'autisme varie de 0 à 80 % sur l'ensemble des études (Bennetto, 1999 ; Rogers & al, 2003 ; Smith & Bryson, 1998 ; Vanvuchelen & al., 2007), en fonction du type d'instruction et de la tâche à réaliser. Par ailleurs, certains auteurs tendent à montrer l'existence d'une forme d'apraxie dans l'autisme, ce qui pourrait avoir des répercussions sur leurs performances en imitation (Stieglitz Ham & al., 2010). La dyspraxie dans l'autisme pourrait être, au moins en partie, due à des problèmes de transformation spatio-temporelle des mouvements en séquences nécessaires à la réalisation de gestes moteurs précis (Steinman & al., 2010).

Le but de cette étude était d'examiner si les déficits en imitation observés dans l'autisme pouvaient être en partie expliqués par une insuffisance dans la perception du mouvement. Les résultats suggèrent qu'au moins certains des participants atteints d'autisme présentent des déficiences de perception du mouvement qui pourraient expliquer leurs déficits imitatifs. Le ralentissement des gestes peut avoir permis aux enfants avec l'autisme le plus sévère de regarder les régions significatives sur la vidéo et donc de mieux imiter les actions. Comme l'ont entre autres proposé Gepner & Féron 2009, les déficits imitatifs et de perception du mouvement biologique observés chez les individus atteints d'autisme pourraient être liés à un modèle de disconnectivité fonctionnelle (c'est à dire sous- et/ou sur-connectivité) entre les zones engagées dans le traitement du mouvement et la temporalité, tels que la voie magnocellulaire (McCleery & al., 2007), la voie dorsale (Villalobos & al., 2005), le cervelet (Courchesne & Allen, 2003), le sillon temporal supérieur (Hadjikhani & al., 2007), et le système de neurones miroirs (Oberman & al, 2005 ; Dapretto & al., 2005). Dans ce contexte, les mouvements rapides peuvent augmenter ou du moins révéler cette disconnectivité, tandis que les mouvements lents peuvent la diminuer, et ainsi améliorer la perception du mouvement biologique et l'imitation des personnes autistes.

Conclusion générale

Références

A travers les deux premières études, nous constatons que les personnes avec autisme présentent des dysfonctionnements dans le traitement visuel du mouvement. Plus particulièrement, elles rencontrent des difficultés pour percevoir les actions et les mouvements humains (Blake & al., 2003), mais aussi les mouvements des objets et des stimuli non vivants, en particulier lorsque ces derniers sont présentés rapidement (Robertson, Martin, Baker, & Baron-Cohen, 2012). On peut alors comprendre combien elles auraient du mal à s'adapter en temps réel et à s'adapter au monde qui les entoure et, pour tenter d'y remédier, les auteurs de la dernière étude présentée ont proposé de ralentir le mouvement visuel pour faciliter sa perception (Lainé, Rauzy, Tardif & Gepner, 2011). Ils observent alors des effets positifs de ce dispositif de ralentissement des stimuli environnants sur les capacités imitatives d'enfants et adolescents avec autisme. Ces résultats des effets du ralentissement des informations environnementales (par exemple, Tardif, Lainé, Rodriguez, & Gepner, 2007) ouvrent la voie à de nouvelles perspectives de rééducations pour les enfants présentant un trouble du spectre de l'autisme.

- Atkinson, A. P. (2009). Impaired recognition of emotions from body movements is associated with elevated motion coherence thresholds in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 47, 3023–3029.
- Avikainen, S., Wohlschlager, A., Liuhanen, S., Hanninen, R., & Hari, R. (2003). Impaired mirror-image imitation in Asperger and high-functioning autistic subjects. *Current Biology*, 13, 339–341.
- Baranek, G. T. (1999). Autism during infancy: A retrospective video analysis of sensory-motor and social behaviors at 9–12 months of age. *Journal of Autism Developmental Disorders*, 29, 213–224.
- Baron-Cohen, S. (1989). Perceptual role taking and protodeclarative pointing in autism. *Br J of Dev Psychol*, 7, 113–127.
- Bassili, J.N. (1978). Facial motion in the perception of faces and of emotional expression. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 373–379.
- Beadle-Brown, J. D., & Whiten, A. (2004). Elicited imitation in children and adults with autism: Is there a deficit? *Journal of Intellectual & Developmental Disability*, 29, 147–163.
- Bennetto, L. (1999). A componential approach to imitation and movement deficits in autism. *Dissertation Abstracts International*, 60, 08-19.
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2003). Motion perception in autism: a “complex” issue. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 218–225.
- Bormann-Kischkel, C., Vilsmeier, M., & Baude, B. (1995). The development of emotional concepts in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 36, 1243–1259.
- Britten, K. H., Shadlen, M. N., Newsome, W. T., & Movshon, J. A. (1992). *The Analysis of Visual Motion: A Comparison Psychophysical Performance of Neuronal and Psychophysical Performance*. New York, 12, 4745–4765.
- Courchesne, E., & Allen, G. (2003). Differential effects of developmental cerebellar abnormality on cognitive and motor functions in the cerebellum: An fMRI study of autism. *American Journal of Psychiatry*, 160, 262–273.
- Dapretto, M., Davies, M. S., Pfeifer, J. H., Scott, A. A., Sigman, M., Bookheimer, S. Y., et al. (2005). Understanding emotions in others: Mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nature Neuroscience*, 9, 28–30.
- Dawson, G., & Adams, A. (1984). Imitation and social responsiveness in autistic children. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 12, 209–226.
- de Haan, E. H. F., & Cowey, A. (2011). On the usefulness of ‘what’ and ‘where’ pathways in vision. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 10, 460-466.
- Fox, R., & McDaniel, C. (1982). The perception of biological motion by human infants. *Science*, 218, 486–487.
- Freitag, C. M., Konrad, C., Häberlen, M., Kleser, C., von Gontard, A., Reith, W., & al. (2008). Perception of biological motion in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 46, 1480–1494.
- Frith, U. (1989). *Autism: Explaining the enigma*. Oxford: Basil Blackwell.
- Gepner, B., Deruelle, C., & Grynfeldt, S. (2001). Motion and emotion: A novel approach to the study of face processing by young autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31, 37–45.
- Gepner, B., Mestre, D., Masson, G., & de Schonen, S. (1995). Postural effects of motion vision in young autistic children. *NeuroReport*, 6, 1211–1214.

- Gepner, B., & Mestre, D. (2002). Rapid visual-motion integration deficit in autism. *Trends in Cognitive Science*, 6, 455.
- Gepner, B., Lainé, F., & Tardif, C. (2005). E-Motion mis-sight and other temporal processing disorders in autism. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, 23, 104-121.
- Gepner, B. (2006). Le monde va trop vite pour les personnes avec autisme ! Hypothèses neurophysiopsychopathogéniques et implications rééducatives. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 54, 371-374.
- Gepner, B., & Féron, F. (2009). Autism: A world changing too fast for a mis-wired brain? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 1227-1242.
- Grandin, T. (1995). *Thinking in pictures and other reports from my life with autism*. Doubleday.
- Green, D., Baird, G., Barnett, A. L., Henderson, L., Huber, H., & Henderson, S. E. (2002). The severity and nature of motor impairment in Asperger's syndrome: A comparison with specific developmental disorder of motor function. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 43, 655-668.
- Grossman, E., & Blake, R. (1999). Perception of coherent motion, biological motion and form-from-motion under dim-light conditions. *Vision Research*, 39, 3721-3727.
- Hadjikhani, N., Joseph, R. M., Snyder, J., & Tager-Flusberg, H. (2007). Abnormal activation of the social brain during face perception in autism. *Human Brain Mapping*, 28, 441-449.
- Happé, F. (1996). Studying weak central coherence at low levels: Children with autism do not succumb to visual illusions; a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 37, 873-877.
- Happé, F., Briskman, J., & Frith, U. (2001). Exploring the cognitive phenotype of autism: Weak "central coherence" in parents and siblings of children with autism. I. Experimental tests. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 42, 299-307.
- Heimann, M., & Ullstadius, E. (1999). Neonatal imitation and imitation among children with autism and Down's syndrome. In J. Nadel & G. Butterworth (Eds.), *Imitation in infancy* (pp. 235-253). New York: Cambridge University Press.
- Heimann, M., Ullstadius, E., Dahlgren, S. O., & Gillberg, C. (1992). Imitation in autism: A preliminary research note. *Behavioural Neurology*, 5, 219-227.
- Herrington, J. D., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S. J., Singh, K. D., Bullmore, E. T., Brammer, M., & al. (2007). The role of MT+/V5 during biological motion perception in Asperger syndrome: An fMRI study. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 1, 14-27.
- Hubert, B., Wicker, B., Moore, D. G., Monfardini, E., Duverger, H., & al. (2007). Brief report: recognition of emotional and non-emotional biological motion in individuals with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 1386-1392.
- Jarrold, C., Gilchrist, I. D., & Bender, A. (2005). Embedded figures detection in autism and typical development: preliminary evidence of a double dissociation in relationships with visual search. *Developmental Science*, 8, 344-351.
- Jolliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1997). Are people with autism and Asperger syndrome faster than normal on the Embedded Figures Test? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 527-534.
- Klin, A., Lin, D. J., Gorrindo, P., Ramsay, G., & Jones, W. (2009). Two-year-olds with autism orient to non-social contingencies rather than biological motion. *Nature*, 459, 257-261.
- Koldewyn, K., Whitney, D., & Rivera, S. M. (2010). The psychophysics of visual motion and global form processing in autism. *Brain*, 133, 599-610.
- Kovács, I., Kozima, P., Fehrer, A., & Benedek, G. (1999). Late maturation of visual spatial integration in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 96, 12204-12209.
- Lainé, F., Tardif, C., & Gepner, B. (2008a). Amélioration de la reconnaissance et de l'imitation d'expressions faciales chez des enfants autistes grâce à une présentation visuelle et sonore ralentie. *Annales Médico-Psychologiques*, 166, 533-538.
- Lainé, F., Tardif, C., Rauzy, S., & Gepner, B. (2008b). Perception et imitation du mouvement dans l'autisme : Une question de temps. *Enfance*, 2, 140-157.
- Leekam, S., Baron-Cohen, S., Perrett, D., Milders, M., & Brown, S. D. (1997). Eyedirection detection: A dissociation between geometric and joint attention skills in autism. *British Journal of Developmental Psychology*, 15, 77-95.
- Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook, E. H., Leventhal, B. L., DiLavore, P. C., Pickles, A., & Rutter, M. (2000). The Autism Diagnostic Observation Schedule-Generic: A standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30, 205-223.
- McCleery, J. P., Allman, E., Carver, L. J., & Dobns, K. R. (2007). Abnormal magnocellular pathway visual processing in infants at risk for autism. *Biological Psychiatry*, 62, 1007-1014.
- Milne, E., Swettenham, J., Hansen, P., Campbell, R., Jeffries, H., & Plaisted, K. (2002). High motion coherence thresholds in children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 43, 255-263.
- Moore, D., Hobson, R., & Lee, A. (1997). Components of person perception: An investigation with autistic, non-autistic retarded and typically developing children and adolescents. *British Journal of Developmental Psychology*, 15, 401-423.
- Mostofsky, S. H., Dubey, P., Jerath, V. K., Jansiewicz, E. M., Goldberg, M. C., & Denckla, M. B. (2006). Developmental dyspraxia is not limited to imitation in children with autism spectrum disorders. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12, 314-326.
- Mottron, L., Burack, J., Stauder, J. E., & Robaey, P. (1999). Perceptual processing among high-functioning persons with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 40, 203-211.
- Nadel, J. (2006). Does imitation matter to children with autism? In S. J. Rogers & J. H. G. Williams (Eds.), *Imitation and the social mind. Autism and typical development* (pp. 118-137). New York: Guilford Publications.
- Oberman, L. M., Hubbard, E. M., McCleery, J. P., Altschuler, E. L., Ramachandran, V. S., & Pineda, J. A. (2005). EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cognitive Brain Research*, 24, 190-198.
- Osterling, J., & Dawson, G. (1994). Early recognition of children with autism: A study of first-birthday home videotapes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24, 247-257.
- Parron, C., Da Fonseca, D., Santos, A., Moore, D. G., Monfardini, E., & al. (2008). Recognition of Biological Motion in children with Autistic Spectrum Disorders. *Autism*, 12, 261-274.
- Pavlova, M., Krägeloh-Mann, I., Sokolov, A., & Birbaumer, N. (2001). Recognition of point-light biological motion displays by young children. *Perception*, 30, 925-933.

- Pellicano, E., Gibson, L., Maybery, M., Durkin, K., & Badcock, D. R. (2005). Abnormal global processing along the dorsal visual pathway in autism: a possible mechanism for weak visuospatial coherence? *Neuropsychologia*, 43, 1044–1053.
- Plaisted, K., Swettenham, J., & Rees, L. (1999). Children with autism show local precedence in a divided attention task and global precedence in a selective attention task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 40, 733–742.
- Plaisted, K., O’Riordan, M., & Baron-Cohen, S. (1998). Enhanced visual search for a conjunctive target in autism: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 39, 777–783.
- Rinehart, N. J., Bradshaw, J. L., Moss, S. A., Brereton, A. V., & Tonge, B. J. (2000). Atypical Interference of Local Detail on Global Processing in High-functioning Autism and Asperger’s Disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41, 769–778.
- Rinehart, N., Tonge, B., Brereton, A., & Bradshaw, J. (2010). Attentional blink in young people with high-functioning autism and Asperger’s disorder. *Autism*, 14, 47–66.
- Rogers, S. J., Bennetto, L., McEvoy, R., & Pennington, B. F. (1996). Imitation and pantomime in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders. *Child Development*, 67, 2060–2073.
- Rogers, S. J., Hepburn, S. L., Stackhouse, S., & Wehner, E. (2003). Imitation performance in toddlers with autism and those with developmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 44, 763–781.
- Schopler, E., Reichler, R. J., & Renner, B. R. (1988). *The Childhood Autism Rating Scale*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Shah, A., & Frith, U. (1983). An islet of ability in autistic children: a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 24, 613–620.
- Shapley, R. (1990). Visual Sensitivity and parallel retinocortical channels. *Annual Review of Psychology*, 41, 635–658.
- Sigman, M., & Ungerer, J. A. (1984). Cognitive and language skills in autistic, mentally retarded and normal children. *Developmental Psychology*, 20, 293–302.
- Smith, I. M., & Bryson, S. E. (1998). Gesture imitation in autism. I: Nonsymbolic postures and sequences. *Cognitive Neuropsychology*, 15, 747–770.
- Spencer, J., O’Brien, J., Riggs, K., Braddick, O., Atkinson, J., & Wattam-Bell, J. (2000). Motion processing in autism: Evidence for a dorsal stream deficiency. *NeuroReport*, 11, 2765–2767.
- Spencer, J. V., O’Brien, J. M. D. (2006). Visual form-processing deficits in autism. *Perception*, 35, 1047–1055.
- Steinman, K. J., Mostofsky, S. H., & Denckla, M. B. (2010). Toward a narrower, more pragmatic view of developmental dyspraxia. *Journal of Child Neurology*, 25, 71–81.
- Stieglitz Ham, H., Corley, M., Rajendran, G., Carletta, J., & Swanson, S. (2008). Brief report: Imitation of meaningless gestures in individuals with Asperger syndrome and high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38, 569–573.
- Stieglitz Ham, H., Bartolo, A., Corley, M., Rajendran, G., Szabo, A., & Swanson, S. (2010). Exploring the relationship between gestural recognition and imitation: Evidence of dyspraxia in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. doi:10.1007/s10803-010-1011-1.
- Stone, W. L., Ousley, O. Y., & Littleford, C. D. (1997). Motor imitation in young children with autism: What’s the object? *Journal of Abnormal Child Psychology*, 25, 475–485.
- Tardif, C., Lainé, F., Rodriguez, M., & Gepner, B. (2007). Slowing down presentation of facial movements and vocal sounds enhances facial expression recognition and induces facial-vocal imitation in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 1469–1484.
- Tsermentseli, S., O’Brien, J. M., & Spencer, J. V. (2008). Comparison of form and motion coherence processing in autistic spectrum disorders and dyslexia. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38, 1201–1210.
- Vanvuchelen, M., Roeyers, H., & De Weerd, W. (2007). Nature of motor imitation problems in school-aged males with autism: How congruent are the error types? *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49, 6–12.
- Villalobos, M. E., Mizuno, A., Dahl, B. C., Kemmotsu, N., & Müller, R.-A. (2005). Reduced functional connectivity between V1 and inferior frontal cortex associated with visuomotor performance in autism. *NeuroImage*, 25, 916–925.
- Vivanti, G., Nadig, A., Ozonoff, S., & Rogers, S. J. (2008). What do children with autism attend to during imitation tasks? *Journal of Experimental Child Psychology*, 101, 186–205.
- Welsh, J. P., Ahn, E. S., & Placantonakis, D. G. (2005). Is autism due to brain desynchronization? *International Journal of Developmental Neuroscience*, 23, 253–263.
- Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Rogers, T., Roberts, W., Brian, J., & Szatmari, P. (2005). Behavioral manifestations of autism in the first year of life. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 23, 143–152.