



**La motricité dans le Trouble du Spectre de l'Autisme :  
la question du Trouble de l'Acquisition de la  
Coordination. État des connaissances et étude des  
performances motrices dans l'autisme de haut niveau**

Cécile Gallot

► **To cite this version:**

Cécile Gallot. La motricité dans le Trouble du Spectre de l'Autisme : la question du Trouble de l'Acquisition de la Coordination. État des connaissances et étude des performances motrices dans l'autisme de haut niveau. Médecine humaine et pathologie. 2014. dumas-01061346

**HAL Id: dumas-01061346**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01061346>**

Submitted on 5 Sep 2014

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

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

Université de Bordeaux  
UFR des Sciences Médicales

Année 2014

N°3022

Thèse pour l'obtention du  
DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement par  
Cécile Gallot  
Née le 2 Novembre 1984 à Sainte Foy-lès-Lyon  
Le 15 Mai 2014

**La motricité dans le Trouble du Spectre de l'Autisme :**  
**La question du Trouble de l'Acquisition de la Coordination**  
*Etat des connaissances et*  
*Etude des performances motrices dans l'autisme de haut niveau*

Directeur de thèse  
Mme le Dr Anouck Amestoy

Jury  
M. le Pr Manuel Bouvard, Président  
M. le Pr Richard Delorme, Rapporteur  
Mme le Dr Véronique Tauziet  
M. le Pr Bruno Aouizerate  
M. le Pr Pierre Burbaud  
M. le Dr Cédric Galera

## Remerciements

---

**A Monsieur le Professeur Manuel Bouvard,**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider notre jury. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de notre gratitude et notre profond respect. Merci pour la qualité de votre enseignement, votre accompagnement et votre soutien.

**A Monsieur le Professeur Richard Delorme,**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier,

Nous sommes très honorées que tu aies accepté de juger notre travail. Sois assuré de notre sincère et respectueuse reconnaissance. C'est un grand plaisir de collaborer avec votre équipe formidable.

**A Madame le Docteur Véronique Tauziet,**

Praticien Hospitalier,

Nous te sommes très reconnaissantes d'avoir accepté de participer à ce jury. J'ai eu la chance de travailler à tes côtés et j'ai beaucoup apprécié ton enseignement et ta sympathie. Tes qualités de clinicienne sont un exemple pour moi.

**A Monsieur le Professeur Bruno Aouizerate,**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier,

Vous nous faites l'honneur d'accepter avec spontanéité de juger ce travail. Veuillez recevoir toute ma gratitude pour vos enseignements et vos encouragements. Merci pour la grande bienveillance que vous accordez aux étudiants.

**A Monsieur le Professeur Pierre Burbaud,**

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier

Nous sommes très honorés de vous compter parmi nos juges. L'enseignement des neurosciences que vous coordonnez avec le Professeur Aouizerate a particulièrement influencé mon parcours et ce travail.

**A Monsieur le Docteur Cédric Galéra,**

Praticien Hospitalier,

Nous te remercions d'avoir accepté de participer à ce jury. Ta grande patience et ton investissement dans la recherche me font regretter de ne pas avoir plus longtemps étudié à tes côtés. Ce sera un honneur de travailler avec toi.

**A Madame le Docteur Anouck Amestoy,**

Praticien Hospitalier,

Un grand merci d'avoir accepté de m'épauler tout au long de ce projet et de tous les autres. C'était une chance pour moi d'avoir croisé ton chemin. Tes qualités de pédagogue et de clinicienne m'ont beaucoup appris, ainsi que ta curiosité et ton énergie sans limite.

**Un grand merci à Jean-René Cazalets** pour votre accompagnement. Votre aide et votre accueil ont été formidable. Merci d'avoir été aussi disponible et prêt à transmettre votre enseignement avec tant d'intérêt et de sympathie.

**Merci à Emma** pour ta patience, tes coups de mains, ton écoute, et bravo pour ta pédagogie. Tous mes vœux de bonheur pour cet heureux évènement à venir.

**Merci à Etienne** qui continue à survoler ce projet et les autres, merci pour ta précieuse aide, ta disponibilité, ta sympathie et tous les bons tuyaux.

**Merci à toute l'équipe du labo** pour votre accueil chaleureux notamment à Emilie et à ta super corsair voyager, et à Christophe pour ses conseils et sa relecture attentive.

**Merci aux patients** et à leur famille pour votre investissement dans ce projet et les autres, je suis tous les jours un peu plus impressionnée par votre force, votre intérêt et votre participation constante malgré l'adversité.

**Merci aux participants à l'étude**, amis, collègues et inconnus, notamment à ceux qui ont eu la patience de faire les cobayes pour que je puisse m'entraîner (Ariane, Thibault, Julia, Andy, Jean-Philippe, Simon et tous les autres).

**Merci à toute l'équipe du CRA**, dont Sylvie et Jennifer pour votre aide précieuse, Céline et Caroline les psychomotriciennes, et bien-sûr Claire et Yoann, la dream team.

**Merci aux médecins et aux soignants** avec qui j'ai eu l'honneur de travailler au cours de mon internat, tout particulièrement Dr Augeraud, Dr Della, Dr Corvest, Dr Sutter, Dr Ferrière, Dr Lacouture, Dr Misdrahi, Dr Bioulac, et Dr Rajerison pour votre accueil attentionné.

**A mes émigrées adorées**, Juliette, Marianne, Marie et Raph, du grand parc aux thés on a bien changé, mais vous restez ma base à tout jamais. A Chacha, Thomas et Yo, à nos we mémorables passés et à venir.

**A mes amis incontournables du sud-ouest**, par ordre d'apparition, Marie B, Loic, Marouan, Marie G, Stridoo, Ju, Julia, Mat, Paulo, Cécile, Yves et Alice, Nono, Bobby et Loulou, Mumu, Jérôme, Erwan, Mélanie et Quitterie, Perrine, Maïté, Carole, Béa, Clarisse, Eléonore, Ariane, Boris, Claire, Sarah, Thibault, Bernadette, François et le petit Raphaël.

**Aux tribus Gallot et Chaptal**, tout particulièrement merci à mes petites sœurs de cœur Alice et Célia. Merci aux tribus Rouvera et Vacher pour leur accueil.

**A Henriette**, ta douceur et ta gentillesse me bercent encore.

**A Fabien**, merci pour ces quinze premières années extraordinaires, il n'y a pas un jour où je ne pense à toi.

**Un grand merci à Sylvain** pour ton aide dans ce travail, et ta présence auprès de mamie quand j'avais le nez dans la thèse, tu as assuré, comme toujours.

**Merci à mes parents**, les plus formidables de la terre, pour la relecture attentive, votre énergie, votre soutien et votre amour indéfectible.

**A Fredo**, "sacré géranium"...

*"Nos yeux, nos oreilles, notre odorat, notre goût diffèrent, créent autant de vérités qu'il y a d'hommes sur la terre." Guy de Maupassant*

## Table des matières

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>Partie 1 : ETAT DES CONNAISSANCES .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. LE TROUBLE DU SPECTRE DE L'AUTISME (TSA).....</b>	<b>9</b>
1.1.1. Généralités .....	9
1.1.2. Atypies motrices dans les TSA.....	18
1.1.3. Principaux modèles.....	27
<b>1.2. LE TROUBLE DE L'AQUISITION DE LA COORDINATION (TAC) .....</b>	<b>32</b>
1.2.1. Aspects cliniques .....	32
1.2.2. Principaux modèles cognitifs.....	55
<b>1.3. DISCUSSION DE LA COMORBIDITE TSA ET TAC.....</b>	<b>66</b>
1.3.1. Eléments en faveur d'une comorbidité TSA et TAC .....	66
1.3.2. Eléments en défaveur d'une comorbidité TSA et TAC.....	69
1.3.3. Synthèse.....	74
<b>Partie 2 : ETUDE DES PERFORMANCES MOTRICES CHEZ LES PERSONNES AVEC AUTISME DE HAUT NIVEAU .....</b>	<b>89</b>
<b>2.1. CONTEXTE .....</b>	<b>89</b>
<b>2.2. METHODOLOGIE .....</b>	<b>91</b>
<b>2.3. RESULTATS.....</b>	<b>98</b>
<b>2.4. DISCUSSION .....</b>	<b>110</b>
<b>2.5. CONCLUSION DE L'ETUDE .....</b>	<b>118</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>119</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>120</b>
ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE .....	121
ANNEXE 2 : TSA ET ANALYSE CINEMATIQUE DE LA MARCHE .....	142
ANNEXE 3 : TSA ET MOTRICITE FINE .....	143
ANNEXE 4 : FEUILLES DE CONSENTEMENT (ENFANT ET ADULTE).....	144
ANNEXE 5 : COURRIER DE RECHERCHE .....	146
ANNEXE 6 : LIVRET PARTICIPANTS .....	148
ANNEXE 7 : QTAC .....	149
ANNEXE 8 : LIVRET REMPLI PAR L'EVALUATEUR.....	151
ANNEXE 9 : FIGURES.....	155
ANNEXE 10 : GLOSSAIRE .....	156
ANNEXE 11 : POSTER .....	157

## INTRODUCTION

---

Le **Trouble du Spectre de l'Autisme, ou TSA**, est un trouble neuro-développemental débutant dans la petite enfance, défini par une altération de la communication et des interactions sociales associée à des comportements répétitifs (APA, 2013). C'est un trouble fréquent, avec une prévalence estimée à 1% (CDC, 2008). Cet enjeu de santé publique (3<sup>ème</sup> plan autisme, Carlotti, 2013) est de plus en plus étudié, dans le domaine des aptitudes sociales, émotionnelles, langagières et cognitives dans les TSA. Ainsi, de nombreuses recommandations pour l'évaluation et la prise en charge existent dans ces différents domaines (HAS, 2005, 2010, 2012 ; Anagnostou et al., 2014 ; Volkmar et al., 2014).

Malgré cela, un aspect des TSA reste délaissé dans la littérature et les recommandations : alors que les personnes avec TSA souffrent de **difficultés motrices** notables, leur profil moteur, l'évaluation diagnostique de ces difficultés et leur prise en charge restent peu clairs et controversés (Gowen & Hamilton, 2013).

D'un point de vue **historique**, dès sa description initiale de l'autisme, Kanner, (1943) écrivait : "certains étaient un peu gauches dans leurs démarches et leurs activités motrices globales mais tous étaient très adroits en terme de coordination motrice fine". Asperger (1944), à la même période décrit la maladresse motrice comme associée au tableau de "psychopathie autistique". En 1964 apparaît le terme de dyspraxie infantile (Stambak, Bergès, Ajuriaguerra et al., 1964), trouble du développement de la planification et de la coordination des gestes, et son association fréquente avec les troubles psychotiques est notée. En effet, ils décrivent différents traits psychopathologiques retrouvés chez l'enfant dyspraxique, comme la tendance à l'isolement social, voire le repli. Malgré cela, cette première époque de l'autisme est surtout marquée par l'idée d'une absence de difficultés motrices dans cette pathologie. Rimland (1964) rapporte des capacités motrices, une grâce et une agilité remarquables pour les personnes avec autisme. Aujourd'hui encore, Attwood (2006) se dit admiratif des capacités physiques et intellectuelles spéciales ayant conduit à des victoires nationales et internationales de certains individus avec Syndrome d'Asperger même s'il admet les difficultés motrices rencontrées par nombre d'entre eux. Il faut dire que, bien que certains sportifs de haut niveau fassent parfois l'objet de rumeurs de syndrome d'Asperger, le sport ne semble pas le domaine où les personnes avec autisme sont les plus représentées, contrairement à l'art (musique, dessin) ou aux sciences (mathématiques, physique). Au cours des années 1980 s'impose l'idée d'une altération de la motricité dans l'autisme. En 1981,

Lorna Wing forge le terme de Syndrome d'Asperger pour désigner la "psychopathie autistique" décrite par Hans Asperger. Elle dit : "quatre-vingt-dix pour-cent des cas sont handicapés dans les jeux impliquant des habiletés motrices et dans la capacité à écrire ou dessiner". Elle qualifie également la marche et la posture des personnes avec Syndrome d'Asperger de "bizarres". Différentes perspectives se succèdent alors. Jusqu'à ces dernières années, la plupart des auteurs du domaine de l'autisme faisaient l'hypothèse de symptômes moteurs spécifiques de l'autisme. Depuis les années 2000, les études sur la motricité dans l'autisme se concentrent, pour la plupart, sur la description des aspects cognitifs de la motricité comme la dyspraxie, l'imitation. A l'international comme en France, certains auteurs comme Lemonnier (2010) réexaminent l'hypothèse des comorbidités de la dyspraxie comme l'autisme. Néanmoins, jusqu'à l'an dernier, les différentes classifications diagnostiques excluaient la possibilité de réaliser le diagnostic duel "TSA et Troubles de l'Acquisition de la Coordination".

Le **Trouble de l'Acquisition de la Coordination, ou TAC**, est un trouble spécifique du développement moteur débutant dans la petite enfance, dont la prévalence dans la population générale est estimée à 6% (Gillberg, 2003). Il semble que sa prévalence dans les TSA serait comprise entre 34 et 79% (Matson et al., 2011). Pourtant, il faut attendre 2013, et la sortie du Manuel du DSM5 (APA) pour que l'entité morbide TAC soit reconnue comme une comorbidité du TSA.

Dans ce travail, une **première partie** comprendra un point sur l'état des connaissances sur cette comorbidité TSA et TAC. Le premier chapitre sera consacré aux TSA, généralités et aspects moteurs du trouble, le deuxième comprendra une revue des connaissances sur le TAC, puis nous discuterons dans un troisième temps la comorbidité TSA et TAC, avec les éléments pour ou contre ce concept, ainsi qu'une synthèse des enjeux.

Dans une **seconde partie**, nous exposerons notre étude sur les performances motrices dans l'autisme de haut niveau chez 28 sujets en plateforme d'analyse du mouvement. Cette partie comprendra le contexte avec les hypothèses et les objectifs, la méthode, les résultats, et la discussion.

### INTRODUCTION

Les **difficultés d'interactions sociales** sont au cœur des difficultés rencontrées dans les pathologies neuro-développementales et psychiatriques, et particulièrement chez les personnes avec TSA. C'est un ensemble de processus bidirectionnels, l'environnement et l'individu s'influencent l'un et l'autre dans un processus continu de changement et de développement. Dès la naissance, puis tout au long de la vie, les interactions interpersonnelles ont ainsi un rôle majeur dans le développement de l'individu.

L'**importance de la motricité dans les interactions** précoces a bien été décrite par les développementalistes. D'après [Lebovici et al. \(1989\)](#), on définit trois niveaux d'interactions, comportemental, affectif, et fantasmatique (ou cognitif). Les interactions comportementales concernent la manière dont le comportement de l'enfant et celui de l'adulte s'agencent l'un par rapport à l'autre, via différents canaux, principalement visuel, vocal et corporel surtout. [Ajuriaguerra \(1970\)](#) parle de "dialogue tonique" à propos des ajustements corporels interactifs entre la mère et l'enfant, où le tonus, la posture et la coordination motrice jouent un rôle majeur : détente corporelle, raidissement, hypotonie, contrôle postural et coordination vont influencer le processus interactionnel. Pour les neurophysiologistes également, les interactions sociales sont un processus circulaire, qui met en jeu de nombreuses compétences perceptives, émotionnelles, cognitives, et motrices ([Bonnet-Brilhault, 2013](#)). Ils identifient aussi les compétences motrices comme un maillon important dans la boucle des interactions sociales.

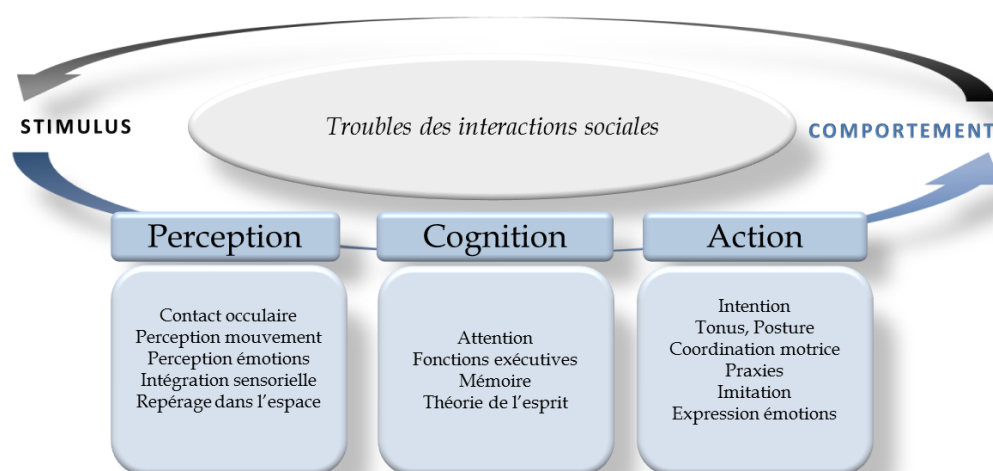


Figure 1 : La boucle sensori-gnosi-motrice des troubles des interactions sociales dans les TSA (d'après [Bonnet-Brilhault, 2013](#))



Dans le **Trouble du Spectre de l'Autisme**, des **particularités motrices** ont été décrites, tout comme on retrouve des particularités à tous les niveaux de la boucle sensori-gnosimotrice décrite par [Bonnet-Brilhault \(2013\)](#). Pourtant, au niveau moteur, il a d'abord été considéré dans la littérature que les personnes avec TSA ne présentaient pas de difficultés, voire développaient des compétences motrices exceptionnelles ([Rimland, 1964](#) ; [Attwood 2006](#)). En réalité, même s'ils n'en faisaient pas la même interprétation, les cliniciens ont bien vite repéré que les atypies motrices des personnes avec autisme étaient multiples, avec entre autres des stéréotypies motrices, des retards et atypies du développement précoce, des troubles de la motricité fine et globale, des dyspraxies, des altérations de l'imitation, une marche sur la pointe des pieds et des troubles de la latéralité ([Matson et al., 2011](#) ; [Downey & Rapport, 2012](#) ; [Gowen & Hamilton, 2013](#)).

**Le tonus, le contrôle postural et les coordinations motrices** sont les trois dimensions de l'action qui ont particulièrement attiré notre attention au sein de la boucle sensori-gnosimotrice. Dans la population générale, lorsqu'une ou plusieurs de ces trois fonctions sont altérées depuis la petite enfance sans cause neurologique identifiée, on parle de Trouble de l'Acquisition de la Coordination (TAC). Récemment, l'American Psychiatric Association a ajouté le TAC dans les comorbidités potentielles des TSA ([APA, 2013](#)). De nombreuses questions se posent aux cliniciens et aux chercheurs : qu'entend-on par diagnostic de TAC chez les personnes avec TSA ? Quels outils utiliser dans cette population ? Pour quelle prise en charge ?

Cette première partie porte sur l'état des connaissances pour la question du TAC chez les personnes avec TSA. Nous présentons donc au cours d'un **premier chapitre** la conception actuelle du TSA. Le **deuxième chapitre** comporte un état des connaissances sur le TAC. Dans un **troisième chapitre**, nous avons effectué une revue de la question de la comorbidité TSA et TAC.

## 1.1. LE TROUBLE DU SPECTRE DE L'AUTISME (TSA)

---

L'autisme, dérivé du grec *autos* (soi-même), est un trouble du développement complexe affectant la fonction cérébrale, rendant impossible l'établissement d'un lien social avec le monde environnant (Larousse, 2014). Le terme a été introduit par Bleuler (1911), pour décrire les symptômes négatifs de la schizophrénie. En 1943, Léo Kanner réutilise ce terme pour décrire l'autisme infantile, ce syndrome spécifique de l'enfant caractérisé par une "incapacité [...] à établir des relations" apparaissant dès le début de la vie, une recherche d'immuabilité (*sameness*), et des troubles du langage.

### 1.1.1. GENERALITES

---

Pour l'établissement de cet état des connaissances sur la clinique de l'autisme, nous nous sommes particulièrement intéressés aux revues de la littérature réalisées par la Canadian Medical Association (Anagnostou et al., 2014) et l'American Academy of Child and Adolescent Psychiatry (Volkmar et al., 2014), ainsi qu'au manuel diagnostique de l'American Psychiatric Association (APA, 2013) et aux données du Center for Disease Control and Prevention (CDC, 2009).

#### 1.1.1.1. Définition

---

Aujourd'hui, la **définition** du Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) est la suivante (APA, 2013) :

---

**A. Déficits persistants de la communication et des interactions sociales** dans différents contextes, se manifestant par les trois symptômes suivants (actuels ou dans le passé) :

1. Manque de réciprocité sociale et émotionnelle, allant de l'approche sociale anormale et du défaut d'alternance dans la prise de parole, jusqu'à l'absence d'initiation et de réponse sociale, en passant par la réduction du partage d'intérêts, d'émotions, et d'affects.
2. Défaut d'utilisation des comportements communicatifs non verbaux utilisés pour l'interaction sociale, allant d'une intégration pauvre de la communication verbale et non verbale, jusqu'à une absence totale d'expressions faciales et de gestes, en passant par des anomalies de contact visuel et de langage corporel ou un défaut de compréhension et d'utilisation des gestes.
3. Défaut de développement, de maintien, et de compréhension des relations sociales, allant de difficultés à ajuster son comportement pour s'adapter à différents contextes

sociaux, jusqu'à une absence d'intérêt pour les gens, en passant par des difficultés à partager des jeux imaginatifs ou à se faire des amis.

**B. Caractère restreint, répétitif, et stéréotypé des comportements, des intérêts** et des activités, comme en témoignent au moins deux des éléments suivants (actuels ou passé) :

1. Caractère stéréotypé ou répétitif des mouvements moteurs, de l'utilisation des objets, ou du langage (comme des stéréotypies motrices simples, des alignements de jouets, des balancements d'objets, une écholalie, des phrases idiosyncratiques).
2. Résistance au changement, adhésion excessive à des routines, ou caractère ritualisé des comportements verbaux ou non-verbaux (comme une détresse extrême lors de petits changements, une difficulté avec les transitions, des modèles de pensée rigides, des rituels de salutation, une insistance à prendre le même chemin ou à consommer la même nourriture tous les jours).
3. Intérêts très restreints, fixes, avec un caractère anormal dans leur intensité ou leur contenu (comme un attachement fort ou des préoccupations pour des objets inhabituels, des intérêts excessivement circonscrits ou persévérants).
4. Hyper- ou hypo-réactivité à des stimuli sensoriels, ou intérêt inhabituel pour des caractéristiques sensorielles de l'environnement (comme une indifférence apparente à la douleur, au froid ou à la chaleur, une réponse négative à des sons ou des textures spécifiques, un flairage ou un toucher excessif des objets, une fascination visuelle pour les lumières ou les mouvements).

**C.** Les symptômes doivent être **présents dans la petite enfance** (mais peuvent ne devenir manifestes que lorsque les exigences sociales dépassent les capacités limitées ; ou bien, par la suite, peuvent être masqués par des stratégies apprises).

**D.** Les symptômes **limitent le fonctionnement socio-professionnel ou quotidien.**

**E.** Ces symptômes **ne sont pas mieux expliqués par une déficience intellectuelle** (DI, trouble du développement intellectuel) **ou un retard global de développement.** La DI et le TSA sont fréquemment associés, et pour faire un diagnostic de comorbidité de TSA et DI, il faut que la communication sociale soit en dessous du niveau attendu pour le niveau de développement global.

***Spécifier si :*** avec ou sans DI ; avec ou sans trouble du langage ; associé à une pathologie médicale ou génétique, ou à des facteurs environnementaux ; associé à un autre trouble neuro-développemental, mental, ou comportemental ; avec catatonie.

---

Le DSM5 (APA, 2013) introduit également une échelle de **sévérité** pour décrire l'intensité du trouble. Ainsi, la sévérité du TSA sera cotée de un à trois, en fonction de l'impact des symptômes sur le fonctionnement de la personne : on qualifiera de "niveau 1" un TSA qui nécessite des aides conséquentes, et de "niveau 3" un TSA nécessitant peu d'aides.

#### *1.1.1.2. Sémiologie*

---

##### **APPARITION DES TROUBLES**

Classiquement, les **symptômes du TSA apparaissent entre 12 et 24 mois**. Néanmoins, ils peuvent être présents au cours de la première année de vie si le retard de développement est sévère. Parfois, on ne les remarque qu'après l'âge de 24 mois, si les symptômes sont plus subtils. De nombreuses études se concentrent actuellement sur le dépistage précoce de l'autisme. Par exemple, le manque d'intérêt pour les interactions sociales peut apparaître au cours des 12 premiers mois de vie. Récemment, il a été montré que l'attention aux yeux était présente chez les bébés au cours des premiers mois, puis déclinait entre le deuxième et le sixième mois (Jones & Klin, 2013).

Les **trajectoires** d'apparition des troubles du spectre de l'autisme sont multiples. Certains vont connaître une phase de régression, de perte des compétences sociales ou de langage le plus souvent. Classiquement, la régression dans les TSA a lieu entre 12 et 24 mois, alors que la régression dans le syndrome de Rett aura tendance à être plus tardive, après l'âge de 2 ans. On décrit également des enfants avec TSA qui vont connaître une phase de plateau (toujours entre 12 et 24 mois classiquement), c'est-à-dire une stagnation des comportements sociaux et du langage (Ozonoff et al., 2011).

##### **EVOLUTION DES SYMPTOMES AU COURS DE LA VIE**

Le retard de langage est très souvent le **premier symptôme** alertant l'entourage et les professionnels. Ce retard de langage est fréquemment accompagné d'un cortège de symptômes associés : manque d'intérêt social ou interactions sociales atypiques (comme prendre la main d'autrui sans essayer de le regarder), comportements de jeu atypiques (détournement d'objets), communication inhabituelle (comme connaître l'alphabet par cœur mais ne pas répondre à son propre nom). La surdité est souvent évoquée mais éliminée.

Durant la deuxième année, les comportements répétitifs, atypiques, et l'absence de jeu de faire-semblant peuvent apparaître. La distinction entre comportements ritualisés typiques de la petite enfance et comportements restreints stéréotypés du TSA peut être difficile **avant l'âge de cinq ans**. En effet, il existe chez les jeunes enfants cette phase développementale typique de plaisir à la répétition (manger les mêmes repas, regarder les mêmes dessins animés de

multiples fois...). La distinction peut alors se faire sur le type, la fréquence, et l'intensité des comportements (comme l'alignement d'objets pendant des heures, avec une détresse intense si l'on bouge ces objets).

L'apprentissage et la compensation des troubles du spectre de l'autisme peuvent continuer **tout au long de la vie**. En général, on observe une amélioration des compétences au cours de l'enfance, et de l'adolescence pour la majorité des personnes avec TSA. Néanmoins, pour une petite proportion de sujets, on retrouve une aggravation des troubles du comportement au cours de l'adolescence. Les adultes avec TSA ont plus de difficultés d'accès à l'autonomie. Ceux qui n'ont pas de DI peuvent utiliser des stratégies de compensation et d'adaptation pour masquer leurs difficultés en public. Cependant, ils présentent un risque accru d'anxiété et de dépression par rapport à la population générale. Ils restent souvent plus naïfs et vulnérables socialement, avec des difficultés à s'organiser pour effectuer des tâches pratiques (APA, 2013).

#### DIAGNOSTICS DIFFERENTIELS

Les principaux **diagnostics différentiels** sont le syndrome de Rett, le mutisme sélectif, les troubles du langage, les trouble de la communication sociale (pragmatique), la déficience intellectuelle sans TSA, les troubles des mouvements stéréotypés, le Trouble du Déficit de l'Attention / Hyperactivité (TDAH) et la schizophrénie (APA, 2013).

#### COMORBIDITES

Les deux troubles mentaux associés aux TSA **les plus importants** sont la déficience intellectuelle (DI, entre 30 et 60 % selon les études, Berg & al., 2012) et les troubles du développement du langage (APA, 2013).

Des troubles **psychiatriques** comorbides au TSA sont également fréquents : environ 70% des individus en ont un, et 40% en ont deux ou plus (Simonoff et al., 2008). Les principales comorbidités psychiatriques des TSA sont le Trouble Déficit de l'Attention avec Hyperactivité (TDAH, 28% , Simonoff et al., 2008), le Trouble de l'Acquisition de la Coordination (TAC) et les autres troubles spécifiques des apprentissages (dyslexie, dyscalculie...), les troubles du sommeil, les troubles anxieux (par exemple, 13% de trouble anxieux généralisé, 29% de phobie sociale Simonoff et al., 2008), les troubles dépressifs, le trouble opposition et provocation (28%, Simonoff et al., 2008) . Aussi, il est important de penser à évaluer la dépression et l'anxiété lorsque des troubles du comportement, du sommeil ou de l'appétit apparaissent chez les individus non-verbaux.

Les comorbidités **médicales** les plus fréquentes sont l'épilepsie (7% si pas de DI, 35% si DI, [Berg & Plioplys, 2012](#)) et la constipation. Les troubles alimentaires précoces de type anorexie du nourrisson sont également fréquents dans les TSA, et des conduites alimentaires restreintes peuvent perdurer ([APA, 2013](#)).

#### *1.1.1.3. Epidémiologie*

---

La **prévalence** des TSA est actuellement estimée à 1,1% ([CDC, 2008](#) ; [Kogan et al., 2009](#) ; [Saemundsen et al, 2013](#)) dans la population générale, chez les enfants, comme chez les adultes. C'est un donc trouble fréquent, en forte augmentation depuis les années soixante-dix ([Fombonne, 1999](#)). Il n'est pas clair si cette augmentation de prévalence reflète une expansion des critères diagnostiques dans le DSMIV incluant les formes légères de TSA ([Maenner et al., 2014](#)), une augmentation de la conscience de cette maladie, des différences de méthodologie dans les études (certains auteurs retrouvent des prévalences encore plus importantes comme [Kim et al., 2011](#) : 2.64%), ou bien une réelle augmentation de la fréquence du TSA.

Le **sex ratio** est de quatre garçons pour une fille ([Fombonne & al, 2006](#); [CDC, 2009](#)). En effet, d'après les études de jumeaux, les filles semblent plus protégées du risque d'autisme ([Robinson & al, 2013](#)), mais les raisons de cette différence restent peu claires. Il semble, entre autres, que les manifestations des difficultés sociales et de communication soient plus subtiles chez les filles : dans la population clinique, les filles ont plus souvent un diagnostic de DI associée au TSA, ce qui suggère que celles qui n'ont pas de DI ou de retard de langage seraient mal repérées ([APA, 2013](#)).

L'**impact social** du TSA est important. Seuls 20% des enfants avec TSA arrivent à suivre une scolarité ordinaire sans aide spécialisée ([Prado 2012](#), [Pinborough-Zimmerman et al., 2012](#)) et par la suite, la majorité des adultes avec TSA sont sans emploi. L'étude de [Hofvander et al., en 2009](#), ne retrouve que 43% d'adultes employés ou étudiants, dans une population de 122 adultes avec TSA sans DI.

Les **facteurs de risque** sont de types environnementaux, génétiques et physiologiques. Au niveau environnemental, un grand nombre de facteurs de risque non spécifiques peut augmenter le risque de TSA : âge parental (notamment âge élevé du père, [McGrath et al., 2014](#)), prématurité (surtout si hémorragie cérébrale et détresse respiratoire, [Kuzniewicz et al., 2014](#)), faible poids de naissance ([Lampi et al., 2012](#)), exposition fœtale au Valproate ... Au niveau génétique, l'hérédité des TSA est estimée entre 37 et 90% d'après les études de

jumeaux (Hallmayer, 2011 ; Bailey et al., 1995). Pour la majorité des individus avec autisme, la cause du TSA reste inconnue, mais dans plus de 20% des cas de TSA, une cause génétique peut être identifiée (Delorme et al., 2013). On retrouve principalement : des anomalies chromosomiques et CNV ou Copy Number Variants (10 à 20 % versus 1 à 2 % dans la population générale), et des mutations de séquences codantes (5 à 10 %) (Huguet, Ey, & Bourgeron, 2013). Pour les autres cas, le risque semble polygénique, avec la contribution probable de centaines de loci génétiques (APA, 2013).

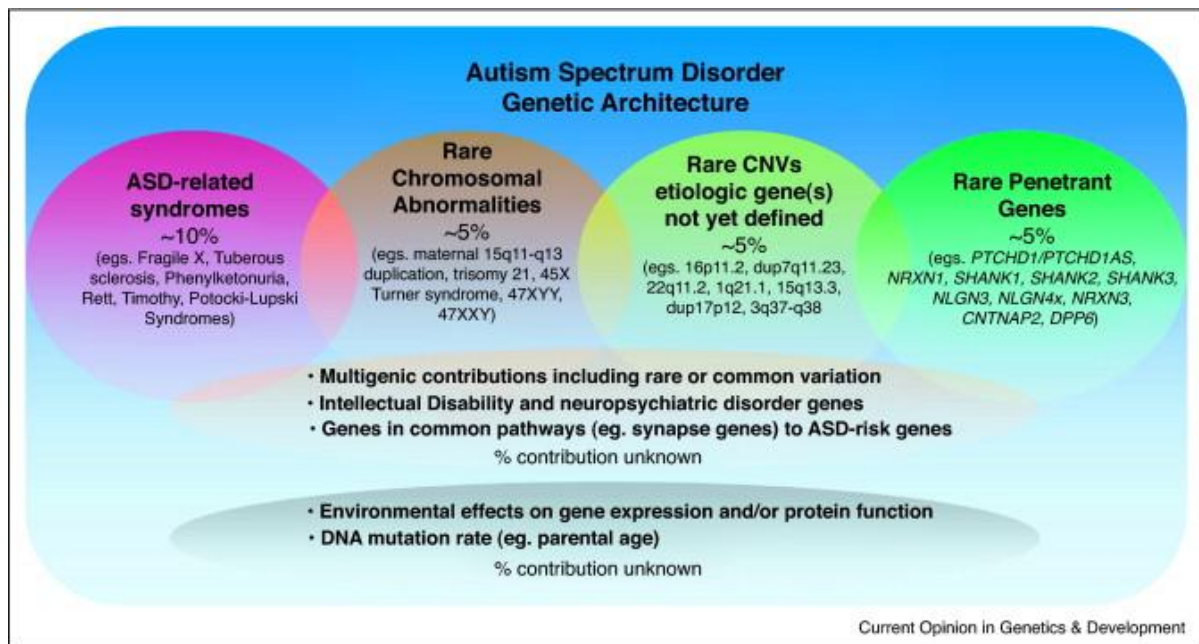


Figure 2 : Architecture génétique des Troubles du Spectre Disorder (Devlin & Scherer, 2012)

Les **facteurs de mauvais pronostic** les plus importants sont la déficience intellectuelle, les difficultés de langage (la présence d'un langage fonctionnel à 5 ans est un facteur de bon pronostic), et les comorbidités psychiatriques, notamment les troubles de l'acquisition de la coordination (Gillberg, 2010a). L'épilepsie est associée à une DI plus sévère et à des capacités de langage verbal plus faibles (APA, 2013).

#### 1.1.1.4. Evaluation des TSA

Quatre grands types d'évaluations sont réalisés pour les personnes avec autisme : le dépistage, la confirmation du diagnostic, le bilan fonctionnel et les bilans d'évolution.

Le **dépistage** et le diagnostic précoce sont des sujets de préoccupation majeure à l'heure actuelle. La Haute Autorité de Santé (HAS, 2005) insiste sur les enjeux du diagnostic le plus précoce possible. En effet, une orientation diagnostique précoce "limite l'errance et le stress des familles et leur permet d'avoir accès à l'information (en particulier conseil génétique) et à



des conseils pratiques.". Le risque de développer un autisme pour un nouvel enfant dans une fratrie où il existe déjà un enfant avec TED est de 4 à 7%. Le risque augmente fortement (25 à 30%) si la famille a déjà deux enfants avec TED. De plus, un diagnostic précoce "permet la prise en charge plus précoce de l'enfant avec sa famille". Si l'enfant avec TSA n'a pas développé un langage fonctionnel à l'âge de 5 ans, la probabilité de l'acquérir devient de plus en plus faible avec l'âge. Enfin, une orientation diagnostique précoce "limite pour l'enfant les risques de survenue de sur-handicaps (par exemple aggravation des troubles ou complications comportementales)" et "permet la prise en charge des troubles associés" (HAS, 2005). Pour le bilan diagnostique proprement dit, la démarche diagnostique recommandée par la Haute Autorité de Santé (HAS) associe l'établissement d'un diagnostic nosologique et la réalisation d'une évaluation fonctionnelle des troubles et des capacités personnalisée, à partir de laquelle un premier projet personnalisé d'interventions sera co-élaboré avec la famille (HAS, 2005).

**La confirmation du diagnostic** est multidisciplinaire et comporte deux branches :

- (1) le recueil des symptômes de TSA (entretien médical, entretien parents et observation de l'enfant, outils d'aide au diagnostic de type ADI et ADOS, Lord et Rutter, 1994) ;
- (2) l'élimination des diagnostics différentiels et la recherche des symptômes associés (entretien et examen clinique, examens complémentaires ; bilan génétique, EEG, audiogramme, discuter l'imagerie cérébrale sur point d'appel).

Nous nous sommes particulièrement intéressés aux deux outils d'aide au diagnostic qui font référence aujourd'hui : l'ADI-R et l'ADOS. L'ADI-R (Autism Diagnostic Interview, Lord et al., 1994) est la méthode la plus utilisée en recherche pour établir ou confirmer un diagnostic d'autisme. Il s'agit d'un entretien semi-structuré avec les parents qui permet de recueillir des informations sur la symptomatologie du moment mais également sur la vie entière. Trois domaines de développement sont évalués : la communication, les interactions sociales et le jeu. Cette démarche dure environ deux heures. Les résultats sont reportés dans un algorithme élaboré à partir du DSM-IV (APA, 1994) et des dernières connaissances sur l'autisme. L'ADOS (Autism Diagnostic Observation Schedule, Lord et al., 1994) permet de faire le diagnostic des troubles du spectre autistique en référence au DSM-IV (APA, 1994) et à la CIM-10 (WHO - OMS, 2007). Il s'agit d'un entretien semi-structuré avec le patient. L'ADOS comporte quatre modules, le choix du module se faisant en fonction de critères d'âge et de développement du langage. Cette échelle a été traduite en langue française et validée sur une population française. Les résultats sont reportés dans un algorithme.



L'**évaluation fonctionnelle** comprend principalement le bilan psychologique, le bilan orthophonique, le bilan psychomoteur et le bilan social. Elle doit être adaptée aux besoins de l'enfant. Le bilan **psychologique** consiste surtout en l'évaluation du niveau cognitif (Ex : PEP-R, [Schopler et al., 1994](#)), des symptômes autistiques (théorie de l'esprit, [Baron-Cohen et al., 1985](#), émotions...), et de l'autonomie dans la vie quotidienne (Vineland, [Sparrow et al., 1984](#)). Le bilan **orthophonique** comporte principalement une évaluation de la communication verbale (compréhension et expression), de la communication non verbale (Ex: ECSP, d'après [Seibert & Hogan, 1982](#)), de la pragmatique (Ex: Test de [Shulman, 1986](#)) et des hétéroquestionnaires (Ex: CCC2, [Bishop, 2003](#)). Le bilan **social** permettra d'explorer les domaines de la famille, la santé, la situation financière, l'insertion sociale, les loisirs, l'école et l'insertion professionnelle. Nous nous sommes particulièrement intéressés au bilan **psychomoteur**, qui est surtout centré sur quatre domaines : la motricité (M-ABC, [Henderson et al., 2007](#) ; BHK, [Hamstra-Bletz et al., 1987](#)...), la sensorialité (profil sensoriel de Dunn, [Brown & Dunn, 2002](#)...), l'imitation (Test de [Bergès & Lézine, 1963](#) et NEPSY, [Korkman et al., 1998](#)) et les fonctions exécutives (planification - tours de Londres [Shallice, 1982](#), flexibilité – wisconsin [Nelson, 1976](#), TMT [Reitan, 1958](#) ...). Pour donner un exemple du manque de recommandations pour l'évaluation de la motricité dans les TSA, les instructions interministérielles du 13 février 2014 ([Ministère des affaires sociales et de la santé et al., 2014](#)) relatives à la mise en œuvre du troisième plan autisme font un point sur les "trois évaluations réalisées par l'équipe pluridisciplinaire : une évaluation socio-cognitive (PEP-R [Schopler et al., 1994](#)), une évaluation de la communication (ECSP, [Seibert & Hogan, 1982](#)) et une évaluation des compétences motrices" (aucun outil recommandé). Le domaine des performances motrices dans l'autisme est donc bien identifié comme une cible importante à évaluer, mais à notre connaissance, on ne trouve pas à l'heure actuelle de recommandation en la matière.

Le **bilan d'évolution**, selon les recommandations de la Haute Autorité de Santé ([HAS, 2012](#)), doit être effectué une fois par an, par les structures de prise en charge. Les domaines à suivre sont le fonctionnement (communication et langage, interactions sociales, cognitif, sensoriel et moteur, émotions et comportement, somatique) ; les activités (autonomie, apprentissage scolaires et préprofessionnels) et l'environnement (familial, matériel).

#### 1.1.1.4. Prise en charge des TSA

---

Trois types de prise en charge peuvent être proposés, selon le modèle bio-psycho-social : les interventions non médicamenteuses, les prises-en-charge médicales, et l'accompagnement social.

Pour les **interventions non médicamenteuses**, selon l'[HAS \(2012\)](#), il est recommandé d'associer l'enfant et ses parents pour proposer un projet d'intervention précoce, global, coordonné, et personnalisé, visant des objectifs fonctionnels et la généralisation, par des équipes formées, auprès de l'enfant et des parents. Les interventions recommandées auprès de l'enfant sont les programmes globaux (de type Denver, [Dawson, Rogers et al., 2010](#), méthodes issues de l'ABA de [Lovaas, 1987](#), grade B), l'adaptation de l'environnement (TEACCH, [Schopler et al., 1995](#), grade C), et les interventions thérapeutiques ciblées (psychomotricité, orthophonie et psychothérapie). Dans les différentes interventions thérapeutiques ciblées qui peuvent être proposées au participant selon ses domaines altérés, on retrouve par exemple les supports à la communication (PECS, [Bondy & Frost, 1998...](#)), les groupes d'habiletés sociales ([Baghdadli & Brisot-Dubois, 2011](#), [Vermeulen, 2010...](#)), mais également le développement de la motricité et des praxies. Ce travail sur les performances motrices sera développé dans la partie 1.3. Les interventions auprès des parents sont la psychoéducation ([Derguy et al., WIP](#)), ainsi que l'accompagnement ([HAS, 2012](#)) des relations parents-enfants, et, si besoin, l'accompagnement individuel. En effet, le handicap d'un enfant peut entraîner des sentiments de culpabilité, d'impuissance et d'auto-dévalorisation. De plus, la dynamique familiale est souvent déstabilisée.

La **prise en charge médicale** doit systématiquement comporter une prise en charge des pathologies somatiques associées, et parfois, si échec des interventions non-médicamenteuses, des psychotropes. Les pathologies somatiques doivent être explorées régulièrement, surtout chez les individus non-verbaux. Ainsi, des antiépileptiques pourront être prescrits pour les patients présentant une épilepsie, et des antalgiques et autres traitements symptomatiques en cas de problème de santé intercurrent ([HAS, 2012](#)). Il est important de noter que la douleur, la constipation et les problèmes dentaires sont des causes fréquentes de comportements problèmes chez les enfants avec TSA et DI. Les psychotropes recommandés en cas d'échec de la prise en charge non médicamenteuse, sont les antidépresseurs pour la dépression et l'anxiété (inhibiteurs de la recapture de la sérotonine), les neuroleptiques pour l'auto- ou l'hétéro- agressivité sévère (halopéridone, risperidone, aripiprazole ; [HAS 2012](#) et

Volkmar et al., 2014), les psychostimulants pour le TDAH (méthylphénidate), la mélatonine pour les troubles du sommeil. Il est indispensable de réévaluer leur indication au moins tous les six mois (HAS, 2012).

La Maison Départementale des Personnes Handicapées (MDPH) a un rôle clé dans l'**accompagnement social** des individus avec TSA. Cet accompagnement social s'effectue sur plusieurs niveaux : au niveau de la santé (Affection Longue Durée, prise-en-charge à 100%), des finances (Allocation Education Enfant Handicapé, Prestation de Compensation du Handicap), de l'éducation (milieu ordinaire: Assistante de Vie Scolaire, tiers temps, SESSAD, CLIS, ULIS ; milieu protégé: IME, ITEP,...) de la famille (associations de parents, enfance en danger...), de l'insertion professionnelle, des services d'accompagnement à la vie sociale (SAVS)...

### 1.1.2. ATYPIES MOTRICES DANS LES TSA

Les atypies motrices rencontrées dans les TSA sont les atypies et retards du développement moteur précoce, les stéréotypies motrices, les troubles de l'acquisition de la coordination, les tics, les troubles de la latéralité, la marche sur la pointe des pieds, les syncinésies, la catatonie et les troubles de l'occulo-motricité. Nous parlerons également dans ce chapitre de la question de l'altération de l'imitation dans les TSA. Dans ce travail, nous nous sommes plus particulièrement intéressés au TAC. Le sujet de la dyspraxie en tant que trouble des séquences motrices complexes, sera traité à travers le chapitre sur les TAC et le chapitre sur l'imitation.

#### 1.1.2.1 Atypies et retards de développement moteur précoces

A l'heure actuelle, le diagnostic précoce de l'autisme n'est pas réalisable avant l'âge de deux ans (HAS, 2005), de par la multiplicité des trajectoires développementales dans l'autisme (Ozonoff et al., 2011) et l'absence de symptômes spécifiques. Néanmoins, les **atypies du mouvement et le retard de développement moteur** sont d'intéressants signes prodromiques d'autisme (voir Yirmiya & Charman, 2010, pour une revue de la littérature).

Les premières études dans ce domaine étaient **rétrospectives**. Certaines, réalisées sur des vidéos familiales, ont permis de décrire qu'avant un an, les mouvements et postures des enfants avec TSA étaient asymétriques (Teitelbaum et al., 1998, Esposito et al., 2009), qu'entre 9 et 12 mois on retrouverait un déficit sensitivo-moteur avec moins de postures anticipatoires (Baranek, 1999), et que les enfants avec TSA présentaient un retard des

compétences motrices précoces et de la marche (Ozonoff et al., 2008). Enfin, Dewrang & Sandberg (2010) ont réalisé des entretiens familiaux rétrospectifs sur le développement moteur précoce, retrouvant avant l'âge de deux ans un déficit de l'imitation, une maladresse et un déficit de la coordination.

Aujourd'hui, les études des bébés à risque d'autisme permettent d'obtenir des données **prospectives** sur les symptômes précoces de TSA. Dans une étude de suivi des bébés prématurés, Karmel et al. (2010) montrent qu'une baisse du tonus des bras est présente dès l'âge de un mois chez ceux qui développeront un TSA. D'autres études réalisées sur les bébés à haut risque (HR) d'autisme, c'est-à-dire ayant un frère ou sœur avec TSA, permettent de rechercher des symptômes pertinents pour le dépistage : à six mois, il semblerait que le symptôme permettant de différencier ceux qui vont développer un TSA des autres est le contrôle moteur atypique (Brian et al., 2013). Dans une étude prospective chez 20 enfants issus de fratries d'un individu avec TSA, Leonard et al. (2014) montrent qu'une baisse des compétences motrices à 9 et 40 mois chez ces enfants est associée à une augmentation des symptômes d'autisme à cinq et sept ans, quel que soit le QI. De ces études prospectives se dégage un cortège de symptômes potentiellement discriminants : baisse du niveau d'activité à 6 mois (Zwaigenbaum et al., 2005), diminution du temps de maintien postural (Iverson & Wozniak, 2006), baisse de la fluidité et caractère non dirigé de l'activité motrice spontanée (AOSI, Brian et al., 2008) . L'étude avec la Mullen Scale en prospectif réalisée chez 235 enfants avec ou sans HR de TSA, par Landa et al. (2013 et 2006), retrouve un ralentissement du développement moteur (motricité fine et globale) vers 14 mois. Lloyd & al (2013) confirment ces données dans une population de 58 enfants, avec une aggravation des scores moteurs à la Mullen Scale entre un et quatre ans. Selon Landa et al. (2013), la présence ou non d'un retard de motricité fine à 14 mois permettrait de prédire la trajectoire développementale des enfants qui développeront un TSA (début tardif ou début précoce). Selon l'étude de Bhat et al. (2012), 70% des bébés à haut-risque de TSA qui ont présenté un retard moteur précoce présenteront un déficit de communication.

**En conclusion**, les études prospectives et rétrospectives décrivent une perturbation du développement moteur précoce des tout-petits avec TSA, avec des retards des acquisitions et des atypies motrices. La précocité de ces symptômes en fait d'intéressants symptômes potentiels de dépistage et ce sont également des facteurs prédictifs de l'évolution importants à rechercher. Néanmoins, on ne peut pas à l'heure actuelle identifier un développement moteur précoce spécifique du TSA (Yirmiya & Charman, 2010).

#### *1.1.2.2. Stéréotypies motrices (60 à 70%)*

---

Les **stéréotypies motrices** font partie des symptômes noyaux de l'autisme. Ce sont des comportements moteurs répétitifs, qui semblent contrôlables, et qui ne sont pas orientés vers un but fonctionnel (APA, 2013). Elles peuvent être des maniérismes des mains et des doigts, des battements des bras, ou encore des mouvements complexes de l'ensemble du corps (Lord & al., 1994). Dans le développement typique, elles peuvent apparaître vers l'âge de un an, avec un pic vers trois ans, puis une diminution avec disparition après quatre ans. Cette séquence de développement est en lien avec la maturation neuro-motrice (Leekam et al., 2007 ; cité par Perrin et al., 2013). Ainsi, on peut également retrouver des stéréotypies dans la déficience intellectuelle notamment. La prévalence des stéréotypies dans les TSA est de 60 à 70% d'après l'étude de Goldman et al. (2009) réalisée sur 277 enfants de quatre ans. C'est à partir de deux ans que la présence de stéréotypies motrices devient plus présente chez les enfants avec TSA que chez les non-TSA (MacDonald et al., 2007). Elle sont corrélées à la sévérité de l'autisme ainsi qu'à la déficience intellectuelle (Perrin et al., 2013) et tendent à diminuer au cours de la vie (Esbensen et al., 2009). Les batteries classiquement utilisées dans les études pour les mesurer sont la ABC (Aberrant Behavior Checklist, Aman et al., 1985), la BPI (Behavior Problem Inventory (Rojahn et al., 1989), la Stereotypy Severity Scale (Miller et al., 2006), la RBS-R (Repetitive Behavior Scale Revised (Bodfish et al., 1999), et certains items de l'ADI (Lord et al., 1994). Il est probable que les stéréotypies motrices soient déterminées biologiquement, et qu'elles acquièrent avec le temps une fonction visant une adaptation aux contraintes de l'environnement (régulation des stimulations sensorielles). Les enfants avec stéréotypies motrices étant plus à risque d'automutilation, il est important de surveiller ces comportements auto-agressifs afin de mettre en place un accompagnement spécifique le plus précocement possible (voir la revue de la littérature dans Perrin et al., 2013).

#### *1.1.2.3. Troubles de l'Acquisition de la Coordination, TAC (34 à 79 %)*

---

Il est actuellement admis que les personnes avec TSA présentent pour la plupart une **baisse des performances motrices**. D'après la méta-analyse de 83 études réalisée par Fournier et al., (2010), les compétences motrices des personnes avec TSA sont à -1,20 déviations standards de celles des neuro-typiques, pour la posture, la marche, la coordination et le mouvement des bras. Cinq autres revues de la littérature ont été réalisées sur ce sujet. Fournier ayant inclus dans ses études des travaux sur les aspects sensori-moteurs, qui ne font pas partie des critères de TAC, Miyahara, (2013) a repris ces données. Elle a regardé

précisément les études sur les symptômes de TAC (cinq études), et retrouve un effet plus large encore. Selon cette méta-analyse, les performances motrices des personnes avec TSA sont à -2,91 déviations standards des performances de la population typique. [Gowen et al. \(2013\)](#) apportent un regard computationnel sur la motricité dans l'autisme, en s'inspirant du modèle de [Wolpert & Ghahramani \(2000\)](#). Enfin, trois autres revues de la littérature ([Williams et al., 2004](#) ; [Emck et al., 2009](#) ; [Downey & Rapport, 2012](#)) sont consacrées à la motricité dans l'autisme et s'intéressent plus particulièrement à ses aspects les plus cognitifs (imitation, perception de ses propres compétences, dyspraxie...). Toutes les revues de la littérature concluent à une baisse des performances motrices chez les personnes avec TSA, dans les trois domaines classiquement décrits, motricité globale, motricité fine et grapho-motricité. Néanmoins, toutes les études qui utilisent des tests validés pour l'évaluation du TAC (BOT ou MABC, voir partie 1.2. pour la description de ces tests) montrent que certains sujets avec TSA ne remplissent pas les critères sévérité du TAC. Par exemple, [Dewey et al. \(2007\)](#) ont fait passer la BOT (short form) à 49 enfants avec TSA et 41% d'entre eux ne remplissent pas les critères de baisse des performances motrices (voir partie 3 pour la discussion sur la comorbidité TSA et TAC).

#### TROUBLES DE LA COORDINATION MOTRICE GLOBALE

Les troubles de la coordination motrice globale regroupent les troubles de la posture, du tonus et de la locomotion.

Du point de vue de la **posture**, de manière générale, les personnes avec ASD semblent avoir un manque d'équilibre par rapport aux contrôles ([Kohen-Raz et al., 1992](#) ; [Minshew et al., 2004](#) ; [Molloy et al., 2003](#); [Chang et al., 2010](#)). Néanmoins, cette difficulté a été enregistrée par des méthodes très variées : sur un ou deux pieds, en réalité virtuelle avec environnement visuel mouvant... A notre connaissance, sept études ont utilisé la posturométrie pour étudier la station debout simple, avec les yeux ouverts chez les personnes avec TSA. Une d'entre elles ([Travers et al., 2013](#)) utilise une plateforme simplifiée (balance nintendo wii). Pour les deux conditions, (yeux ouverts et yeux fermés), les résultats sont loin d'être uniformes entre les études. Au niveau de la station debout yeux ouverts, la plupart des études ne retrouvent pas de trouble de l'équilibre de type chancellement chez les personnes avec TSA dans cette condition ([Travers et al. 2013](#); [Fournier et al., 2010](#), [Kohen-Raz et al., 1992](#), [Greffou et al., 2012](#)). [Gepner et al. \(2002\)](#) retrouvent même une meilleure stabilité posturale des personnes avec autisme par rapport aux personnes contrôles. Cependant, les études réalisées sur de grands effectifs (environ 70 participants par groupe) de [Molloy et al.](#)



(2003) et de Minshew et al. (2004) retrouvent une augmentation du chancellement en station debout simple avec les yeux ouverts. Il semble que les personnes avec TSA ont un profil différent des neuro-typiques lorsqu'une information sensorielle est supprimée ou modifiée. Plusieurs études retrouvent une hyporéactivité posturale des personnes avec TSA lorsque l'on modifie l'information visuelle avec une image vidéo de tunnel en mouvement (Greffou et al., 2012 ; Gepner et al., 2002). Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à la station debout avec les yeux fermés, qui est sujet à controverse. Alors que Molloy et al. (2003) et Minshew et al. (2004) retrouvaient une baisse de la réponse posturale adaptative, avec une augmentation du chancellement avec les yeux fermés dans le groupe TSA versus contrôle, Travers et al. (2013) ne retrouvent pas de différence significative. Kohen-Raz et al. (1992), eux, retrouvent même une "réponse paradoxale au stress" avec une amélioration de l'équilibre des personnes avec TSA lors de stress comme la suppression de la vision.

Pour le **tonus**, d'après l'étude de Ming et al. (2007) sur une cohorte de 154 enfants de 2 à 18 ans, 51% d'entre eux présentent une hypotonie légère à modérée, sur l'ensemble du corps. Aucun d'entre eux ne présente une hypotonie sévère ni une baisse de la force musculaire.

La **locomotion** semble également altérée chez les personnes avec TSA. Les neuf études d'analyse cinématique de la marche chez les personnes avec TSA que nous avons répertoriées sont les suivantes : Chester et al., 2012 ; Nayate et al., 2012 ; Calhoun et al., 2011 ; Rinehart et al., 2006a ; Rinehart et al., 2006b ; Vilensky et al., 1981 ; Hallett et al., 1993 ; Vernazza-Martin et al., 2005 ; Nobile et al., 2011. A part Chester et al. (2012), tous retrouvent des paramètres altérés pour la marche simple chez les personnes avec TSA : augmentation de la base de support (Nayate et al., 2012), de la variabilité de la base de support (Nayate et al., 2012), de la variabilité de la longueur du pas (Rinehart et al., 2006, Hallett et al., 1993, Vilensky et al. 1981), des oscillations du haut du corps et de l'angle de trajectoire par rapport à l'objectif (Vernazza-Martin et al., 2005), de la durée du double appui (Vilensky et al., 1981), baisse de la longueur du pas (Vernazza et al., 2005), de la flexion plantaire (Calhoun et al., 2011) ou augmentation de celle-ci associée à une augmentation de la flexion de la hanche (Vilensky et al., 1981), baisse des mouvements du haut du corps (Vilensky et al., 1981). Ici encore, les résultats sont donc souvent contradictoires et nécessitent d'être répliqués (voir tableau récapitulatif en annexe). Les premières études de locomotion dans l'autisme recherchaient les substrats neuro-anatomiques du dysfonctionnement moteur : Vilensky et al. (1981) retrouvent une marche pseudo-parkinsonnienne (petits pas) qu'ils attribuent à un dysfonctionnement des noyaux gris centraux. Hallett et al. (1993) parlent d'ataxie cérébelleuse

devant la longueur du pas, non altérée, mais plus variable. [Vernazza et al. \(2005\)](#) retrouvent surtout une planification de la marche altérée (trajectoire), suggérant une altération préfrontale ou pariétale. Des résultats aussi hétérogènes peuvent être expliqués par plusieurs facteurs, notamment les différences de caractéristiques des participants selon les études (avec ou sans DI, âge, avec ou sans traitements, avec syndrome d'Asperger ou Autisme de Haut Niveau, petits groupes de patients). Il est donc nécessaire de répliquer les résultats en diminuant les biais de confusion. A notre connaissance, la seule étude de **tâche duelle** incluant la marche dans l'autisme est celle de [Nayate et al. \(2012\)](#). Ils retrouvent un retentissement de la tâche de calcul sur la marche des personnes avec TSA, avec des pas plus petits et plus écartés sur l'axe médio-latéral. Ces difficultés sont interprétées comme des difficultés de traitement des informations complexes.

**Pour conclure**, dans leur revue de la littérature, [Emck et al. \(2009\)](#) concluent à une baisse des performances en motricité globale chez les personnes avec autisme.

#### TROUBLES DE LA COORDINATION MOTRICE FINE

La coordination motrice fine concerne les mouvements des membres supérieurs n'impliquant pas de déplacement du centre de gravité (voir [Gowen et al. 2013](#) et [Sacrey et al. 2014](#) pour une revue de la littérature).

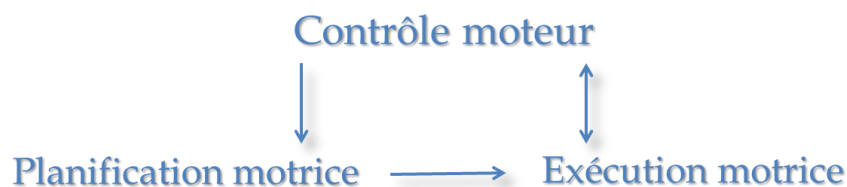


Figure 3 : Présentation des caractéristiques de motricité fine des personnes avec TSA

Les difficultés de **planification motrice** semblent être l'altération motrice la plus constante dans l'autisme. [Rosenbaum \(1991\)](#) a montré que les personnes neuro-typiques commençaient souvent un mouvement dans une position atypique afin de finir dans une position confortable (par exemple : retourner un verre sur une table). Les personnes avec TSA, elles, ne semblent pas planifier la posture de fin de mouvement et commenceraient avec une posture confortable qui les amènerait à finir le geste dans une position inconfortable ([Hughes, 1996](#)). De même, les études avec des tâches de pointage et d'attrapage chez les personnes avec TSA présentent pour la plupart des résultats en faveur d'une augmentation du temps de réaction, qui correspond à la phase de planification de l'action ([Glazebrook et al.,](#)



2008, Glazebrook et al., 2006, Nazarali et al., 2009, Rinehart et al., 2001, Rinehart et al., 2006). Néanmoins, ce temps de planification est parfois conservé dans d'autres études : après exclusion des personnes avec déficience intellectuelle, Mari et al. (2003) retrouvent un temps de réaction similaire à celui des neuro-typiques. Dans une tâche de motricité fine ("grasp and turn task") présentée par Van Swieten et al. en 2010, on ne retrouve pas de déficit de planification motrice non plus chez les personnes avec TSA.

Du point de vue de l'**exécution motrice**, il existe une controverse : quelques études seulement sont en faveur d'une augmentation du temps de mouvement pour le pointage mais surtout lorsque la tâche est complexe, par exemple si elle implique une reprogrammation (Glazebrook et al., 2008 et 2006 ; Nazarali et al, 2009). Selon d'autres auteurs, l'exécution du mouvement serait épargnée voire plus rapide chez les personnes avec TSA (Mari et al., 2003 ; Rinehart et al. 2001). On peut se reporter à l'Annexe 3 pour un récapitulatif de la revue de la littérature sur TSA et pointage. La **dysgraphie** est plus fréquente chez les enfants avec TSA que chez les enfants de développement typique. Hausse du temps sur le papier, hausse du temps en l'air (déplacements du stylo), baisse de la pression, baisse de la lisibilité, baisse de la fréquence d'inscription, baisse de l'organisation spatiale et hausse du nombre de lettres effacées sont souvent retrouvées. De manière générale, on retrouve souvent une baisse de la dextérité manuelle contrairement à l'image historique de préservation des mouvements fins chez les personnes avec TSA (HAS, 2010): diadochokinésie (difficulté à réaliser des mouvements rapides alternés), dysgraphie, inadaptation de la force manuelle, baisse de la vitesse digitale (finger tapping test), lenteur pour les tâches de dextérité (pegboard test) (Hardan, Minshew et al. 2003).

Le **contrôle** de l'exécution motrice (systèmes inverse et forward) est surtout analysé à partir du contrôle postural dans la littérature du TSA (ajustement posturaux en ligne et anticipés). Schmitz (2000) a proposé une tâche bimanuelle de délestage appelée tâche du garçon de café. L'enfant doit soulever un poids posé sur un plateau tenu par son autre main. Elle a montré que les performances de stabilisation des enfants avec TSA n'étaient pas diminuées, mais que la stratégie n'était pas la même : plus de poids accordé aux informations proprioceptives (ralentissent le délestage), moins d'anticipation (pattern de contraction plus instable, fonctionnement plus en boucle fermée qu'en boucle ouverte Schmitz, 2000).

Ainsi, dans la motricité fine, des altérations sont retrouvées au niveau de la planification, de l'exécution et du contrôle de l'action, mais ces résultats ne sont pas toujours répliqués et restent controversés.

**Pour conclure sur le TAC dans le TSA**, on retrouve des altérations de la coordination motrice à tous les niveaux (motricité globale, fine et grapho-motricité) chez les personnes avec TSA, mais les études rapportent des résultats très variables voire contradictoires. Les méthodes d'évaluation sont très hétérogènes (batteries non validées, ou tâches très spécifiques donc non répliquées), avec de nombreux facteurs de confusion (mélange des participants avec et sans TAC dans un même groupe, traitements psychotropes, sous-types de TSA, déficience intellectuelle, ...), sur de petits échantillons (la plupart inférieurs à 20 patients). A notre connaissance, peu d'études fiables ont été réalisées à ce jour sur la posturométrie et l'analyse cinématique de la marche, du pointage et de l'interception. Selon Mostofsky (cité par [Hughes, 2011](#)), les chercheurs devraient utiliser des mesures précises de la motricité dans l'autisme, plutôt que les batteries de test basées sur des checklists de motricité globale et fine. C'est pourquoi avons donc souhaité explorer le profil moteur des personnes avec TSA au cours de notre étude en plateforme d'analyse du mouvement décrite dans la partie 2.

#### *1.1.2.4. Tics (20 à 60 %) et Syndrome de Gilles de la Tourette (8%)*

---

Les **tics** sont des mouvements moteurs ou des vocalisations involontaires, brefs, répétitifs et non-rythmiques, apparaissant en moyenne vers 7 ans ([State, 2010](#)). Entre 20 et 60% des personnes avec TSA présentent des tics à un moment de leur vie ([Gadow & DeVincent, 2005](#) cité par [Attwood, 2006](#)). La prévalence de tics transitoires dans la population générale est d'environ 15% ([Gillberg, 2010](#)). On estime la prévalence du Syndrome de Gilles de la Tourette (SGT) dans les TSA à 8 % ([Baron-Cohen & al, 1999](#)) alors que la prévalence des tics chroniques et du SGT est estimé à 1% dans la population générale ([Gillberg, 2010](#)). De même, environ 5% des personnes avec un SGT présentent également un TSA ([Clarke & al., 2012](#)). Les enfants avec TSA qui présentent un SGT ont un risque plus élevé de TDAH et de TOC ([State, 2010](#)). Les tics sont donc un élément important à surveiller dans le suivi des personnes avec TSA.

#### *1.1.2.5. Troubles de la latéralité (20%)*

---

La **latéralisation** des enfants avec TSA est plus tardive que celle des enfants de développement typique. L'ambidextrie et l'ambilatéralité sont fréquentes, environ 20% des enfants avec TSA versus 9% des enfants de développement typique ([Markoulakis & al.,](#)

2012). La latéralisation est importante pour la réalisation des tâches bimanuelles (soutien de la main non dominante concomitant à l'action de la main dominante). Ce défaut de latéralisation participe donc aux difficultés de coordination bimanuelle et mérite un accompagnement spécifique (Perrin al., 2013). La latéralisation à gauche est également plus souvent retrouvée dans la population avec TSA : il y aurait autour de 30% de gauchers vers 4-5 ans, puis 15 % de gauchers après l'âge de 12 ans, alors que les gauchers ne sont que 11% dans la population générale (Markoulakis & al., 2012). Certains auteurs font le lien entre ces troubles de la latéralité, les troubles du langage, et un défaut de latéralisation hémisphérique dans l'autisme (Lindell & Hudry, 2013).

#### *1.1.2.6. Marche sur la pointe des pieds (19%)*

---

D'après l'étude de Ming & al. (2007) chez 154 enfant avec TSA, 19 % d'entre eux ont, actuellement ou dans le passé, eu une marche sur la pointe des pieds pendant au moins 6 mois. Néanmoins, c'était intermittent pour tous, seulement 10% d'entre eux présentaient une réduction de la mobilité de la cheville, et aucun n'a eu besoin de chirurgie (Ming et al., 2007).

#### *1.1.2.7. Syncinésies*

---

Les **syncinésies** sont des contractions involontaires d'un groupe de muscles apparaissant quand le sujet effectue un mouvement mettant en jeu d'autres muscles. Dans le TAC, les syncinésies d'imitations sont plus fréquentes que dans la population générale et semblent traduire une immaturité neurologique (Blank et al., 2012). Notre expérience clinique montre qu'elles semblent également plus fréquentes chez les personnes avec TSA mais à notre connaissance, dans la littérature, le lien entre TSA et syncinésie n'est pas clair et nécessite de plus amples évaluations.

#### *1.1.2.8. Question des troubles de l'imitation*

---

L'**altération de l'imitation** a été associée aux troubles du spectre de l'autisme depuis de nombreuses années (voir Williams, 2004 et Nadel, 2013 pour des revues de la question). Imiter consiste à relier ses patterns moteurs à ceux d'un autre ou à leur représentation. Elle est sous-tendue par une hiérarchie de mécanismes de niveaux divers, des plus basiques aux plus élaborés (Nadel et al., 2013). Ces mécanismes, dont certains sont directement liés aux fonctions exécutives, sont les suivants : attention visuelle, transfert intermodal, relation moyens buts, contrôle de l'activité, analyse séquentielle, planification, représentations mentale (Heilman et al., 1991)... Ces derniers ne sont pas tous mis en jeu dans toutes les formes d'imitation,

imitation de mouvements familiers ou d'actions nouvelles, imitation d'une personne présente ou non, imitation immédiate ou différée, imitation spontanée ou commandée. L'opinion selon laquelle l'imitation était déficitaire de façon indifférenciée a été encouragée par la thèse des miroirs brisés de l'autisme, découlant de la découverte du système neuronal miroir (Rizzolatti & Craighero, 2004).

Néanmoins, certaines études ont montré que l'imitation automatique et l'imitation de tâches de grasping impliquant directement le système miroir étaient conservées, et plusieurs études en IRMf montrent l'intégrité du système miroir dans l'autisme (Dinstein et al., 2010; Southgate & Hamilton 2008). De plus, il semble que les capacités d'apprentissage par l'imitation soient conservées dans l'autisme (Nadel, 2013). La controverse persiste sur les aspects altérés ou non de l'imitation de tâches familières et de tâches nouvelles, la reconnaissance du fait d'être imité, l'imitation spontanée et sur consigne, et leurs mécanismes. Les hypothèses sont celles d'une altération des cognitions sociales, du contrôle de l'action (self-monitoring), ou de difficultés à concevoir le but de l'action (Nadel, 2013). Pour conclure, Southgate et Hamilton (2008) insistent sur le fait que le déficit d'imitation n'est pas prouvé dans l'autisme et mettent en garde contre la mise en œuvre abusive de programmes de stimulation cérébrale basés sur l'hypothèse d'un dysfonctionnement du réseau miroir (cité par Nadel et al., 2013). Enfin, il faut savoir que les performances motrices sont altérées dans l'autisme de façon indépendante des capacités d'imitation.

Il n'en reste pas moins que l'imitation a une fonction clé dans le développement moteur, social et pour la conscience de soi, et reste donc un moyen très intéressant pour stimuler le développement des enfants avec autisme (Nadel et al., 2013).

### 1.1.3. PRINCIPAUX MODELES

---

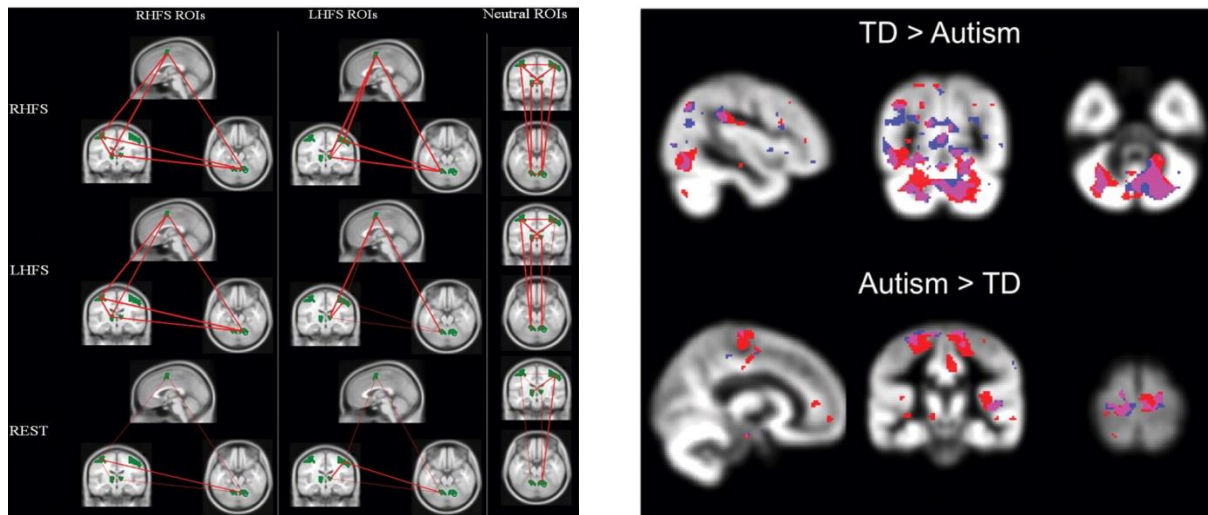
De nombreux modèles cognitifs sont utilisés par la communauté scientifique pour expliquer le lien entre troubles de la motricité et autisme (voir Miyahara, 2013 et McCleery et al., 2013 pour une revue de la littérature). Nous en présenterons les principaux.

#### 1.1.3.1. Hypoconnectivite cérébrale

---

L'autisme est marqué par un hypofonctionnement des connections (et synchronisation) pour les processus de haut-niveau (connexions entre le lobe frontal et le reste du cortex), associé à un excès de fonctionnement des processus de bas-niveau (Minshew, Mostofsky...). Des atypies d'activation cérébelleuse et des réseaux de la motricité sont retrouvés en imagerie fonctionnelle (Müller & Courchesne, 2001 ; Mostofsky et al., 2009). Dans une étude

d'imagerie cérébrale au cours d'une tâche motrice dans l'autisme (Mostofsky et al., 2009) (finger tapping), Mostofsky montre une baisse de la connectivité des réseaux de l'exécution motrice, (aires motrices primaires, cervelet antérieur, thalamus et aires motrices supplémentaires) associée à une baisse de l'activité cérébelleuse (étude sur 13 enfants avec TSA versus 13 enfants non-TSA).



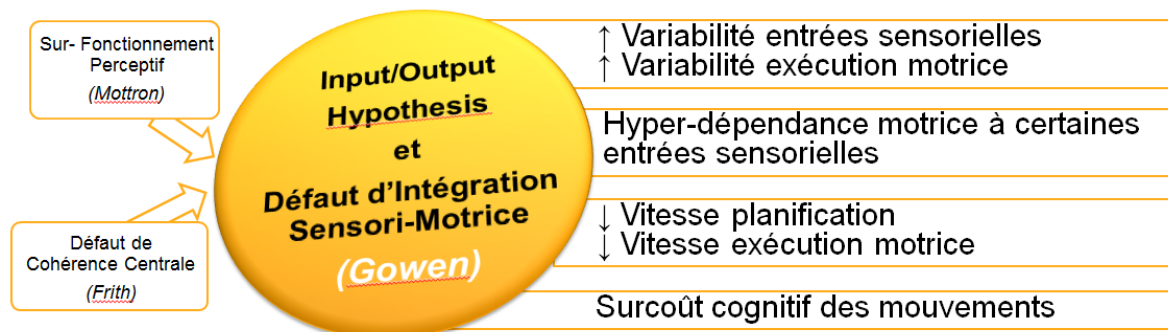
**Figure 4 : Illustration de la baisse de la connectivité (à gauche) et de l'activation cérébelleuse (à droite) dans les TSA.** A gauche, l'épaisseur du trait est proportionnelle à la différence de connectivité dans chacune des trois conditions (tâche main gauche, tâche main droite et repos), pour les trois circuits moteurs (circuit de la main gauche, circuit de la main droite, circuit neutre). A droite, la comparaison de la localisation de l'activation en IRMf, avec en haut les zones suractivées par le groupe non-TSA, et en bas celles suractivées par le groupe TSA (Mostofsky et al., 2009).

Dans ses hypothèses, Mostofsky associe la baisse de la connectivité des réseaux de la motricité à une mauvaise coordination des circuits nécessaires à l'automatisation des mouvements. De plus, la baisse de l'activité cérébelleuse pourrait refléter une difficulté à faire passer l'exécution motrice des régions corticales (contrôle coûteux, demandant un effort) vers les régions associées à l'exécution plus "habituelle", plus automatisée (Mostofsky et al., 2009).

#### *1.1.3.2. Surfonctionnement perceptif et défaut de cohérence centrale*

Dans le même type d'hypothèse, on trouve les hypothèses de surfonctionnement perceptif et de défaut de cohérence centrale. En effet, il est à présent reconnu que les personnes avec autisme présentent des particularités du traitement de l'information. Au niveau des perceptions, les deux principaux modèles qui vont dans ce sens sont le "Défaut de cohérence centrale" (Happé & Frith, 2006) et le "Surfonctionnement perceptif" (Motttron et al., 2006), décrivant un déficit du traitement perceptif de haut niveau pour le premier, et un surfonctionnement (visuel surtout) de bas niveau pour le second. En motricité, Cattaneo avance un "déficit de l'orchestration intentionnelle des actes moteurs" (Cattaneo et al., 2007).

Plus récemment, le modèle développé par [Gowen & Hamilton \(2013\)](#) a attiré notre attention : elles s'inspirent des modèles de Mottron et Frith pour émettre l'hypothèse d'une augmentation des entrées sensorielles et des sorties motrices qu'elles appellent "input output hypothesis" et qui serait associée à des difficultés d'intégration sensori-motrice.



Selon elles, l'application de ces modèles au niveau moteur s'exprimerait par: une augmentation de la variabilité des entrées sensorielles et de l'exécution motrice, une hyper-dépendance à certaines entrées sensorielles pour la motricité, un ralentissement de la planification et de l'exécution motrice et un surcoût cognitif pour réussir à réguler les mouvements, même les plus basiques ([Gowen & Hamilton, 2013](#)).

#### 1.1.3.3. Troubles des fonctions exécutives

D'autres auteurs avancent l'hypothèse d'un trouble fronto-striatal, d'une implication des noyaux gris centraux dans les TSA. Dans sa méta-analyse de 2010, [Fournier](#) met en avant les anomalies de connexion fronto-striatales et des noyaux gris centraux comme liées aux difficultés motrices dans l'autisme. La motricité des personnes avec TSA serait impactée par leurs troubles des fonctions exécutives, avec des troubles de la planification motrice ([Glazebrook 2008](#), [Rinehart 2001](#), [Nazzarali 2009](#), [Vernazza 2005](#)) et des difficultés pour "shifter" l'attention ([Nazzarali 2009](#)). Enfin, une des premières théories sur les troubles de la motricité dans l'autisme était celle d'un trouble pseudo-parkinsonien ([Vilensky 1981](#)). L'augmentation du volume du noyau caudé retrouvé en post-mortem ([Langen, 2007](#), cité par [Esposito & Paşca, 2013](#)) peut être une piste intéressante pour expliquer les difficultés motrices dans les TSA selon [Esposito & Paşca \(2013\)](#).

#### 1.1.3.4. Ataxie cérébelleuse

Une autre théorie traditionnelle pour décrire les troubles de la motricité dans la population autistique est celle d'une ataxie cérébelleuse en lien avec un dysfonctionnement cérébelleux ([Hallett et al., 1993](#)). Au niveau neuro-anatomique, des déficits des cellules de



Purkinje ont été décrits dans le cervelet (Bauman et al., 1985 ; Arin et al. 1991 ; Bailey et al. 1998 ; Whitney et al., 2008 ; Fatemi et al. 2012, cités par Esposito & Paşca, 2013). Dans sa méta-analyse de 2008, Stanfield retrouve une hypertrophie cérébelleuse (lobules VI, VII, VIII, X) dans l'autisme. Il met en lien la désorganisation probable des connections cérébello-cérébrales et le dysfonctionnement moteur des personnes avec TSA. Courchesne et al. (1994 ; cités par Esposito & Paşca, 2013), eux retrouvent une hypoplasie du vermis cérébelleux (lobules VI-VII). De même, Aldinger et al. (2013) ont identifié une hypoplasie du vermis cérébelleux chez les personnes présentant une délétion 22q13, causant un syndrome de Phelan-Mac Dermid, fréquemment associé à de l'autisme.

#### *1.1.3.5. Trouble de la représentation spatiale de soi et des autres*

---

Les travaux de Mostofsky (2006) et Williams (2004) sont en faveur d'un déficit de mapping ou représentation spatiale de soi et de l'autre dans l'autisme ("difficulties in self-other mapping"). De même, Assaiante & Schmitz (2009) avancent un trouble de la représentation de l'action dans l'autisme, responsable du déficit de la fonction d'anticipation et freinant le développement sensori-moteur dans l'autisme. Ce dysfonctionnement pourrait être responsable des troubles de la motricité et du déficit d'imitation observé chez les personnes avec TSA.

#### *1.1.3.6. Dysfonctionnement des neurones miroirs*

---

Dans un domaine similaire, certains auteurs relient les troubles de la motricité à l'hypothèse d'un dysfonctionnement des neurones miroirs (Fabbri-Destro, Rizzolatti et al., 2009). La méta-analyse de Philip et al. (2012) décrit trois études de tâches de motricité en IRMf pour les personnes avec TSA: ils retrouvent des activations atypiques des zones des neurones miroirs impliquées dans l'observation et l'exécution des mouvements (Frontal inférieur droit et Pariétal inférieur gauche).

**En conclusion, le TSA** est un trouble neurodéveloppemental fréquent (1,1%), touchant principalement les garçons (CDC, 2009), défini par un déficit de la communication et des interactions sociales, et le caractère répétitif des comportements et des intérêts, apparaissant dans la petite enfance (APA, 2013). Ces symptômes ont un impact important sur le fonctionnement (Pinborough-Zimmerman et al., 2012 ; Hofvander et al., 2009). Les facteurs de risque sont génétiques et environnementaux (Volkmar et al., 2014). On retrouve de nombreuses atypies motrices chez les personnes avec TSA : atypies et retards du développement moteur précoce (Yirmiya & Charman, 2010), stéréotypies motrices, troubles de l'acquisition de la coordination, troubles de l'imitation, tics, troubles de la latéralité, marche sur la pointe des pieds (Downey & Rapport, 2012 ; Bhat et al., 2012)... Enfin, il n'y a pas de consensus sur le mécanisme de ces dysfonctionnements, qui sont probablement liés à des particularités neurodéveloppementales multiples au niveau moteur, perceptif et cognitif (Miyahara, 2013 ; McCleery et al., 2013).

Chez les personnes avec TSA, les études rapportent des altérations de la coordination motrice à tous les niveaux : motricité globale, fine et grapho-motricité ; planification, exécution et contrôle ; mouvements de bas et de haut niveau (Gowen & Hamilton, 2013). Cependant, les études rapportent des résultats très variables voire contradictoires. En réalité, nous avons constaté au cours de notre revue de la littérature que les méthodes d'évaluation des performances motrices étaient très hétérogènes (batteries non validées, ou tâches très spécifiques donc non répliquées), avec de nombreux facteurs de confusion (mélange des participants avec et sans TAC dans un même groupe, traitements psychotropes, sous-types de TSA, déficience intellectuelle, ...), et sur de petits échantillons (la plupart inférieurs à vingt patients). A notre connaissance, peu d'études fiables ont été réalisées à ce jour sur les performances motrices en posturométrie, analyse cinématique de la marche, pointage et interception. C'est pourquoi nous avons souhaité explorer le profil moteur des personnes avec TSA au cours de notre étude en plateforme d'analyse du mouvement décrite dans la partie 2.



## 1.2. LE TROUBLE DE L'ACQUISITION DE LA COORDINATION (TAC)

Le TAC est un trouble spécifique du développement moteur, touchant 5 à 6 % des enfants, principalement des garçons (Wilson & al, 2013). Ces enfants, sans trouble neurologique identifié, ont un retard de développement des compétences motrices et/ou une difficulté à coordonner leurs mouvements, les empêchant de réaliser certaines tâches du quotidien (APA, 2013). Malgré un impact fonctionnel important au niveau personnel et professionnel, ce trouble reste peu connu des professionnels des secteurs médicaux et médico-sociaux. S'ensuit un manque de consensus dans la plupart des domaines, notamment pour la terminologie, la définition, le diagnostic, la prise en charge et les mécanismes sous-jacents (Blank et al, 2012).

### 1.2.1. ASPECTS CLINIQUES

Quatre **revues de la littérature** ont particulièrement attiré notre attention pour les aspects cliniques du TAC, Wilson et al, 2013, Zwicker et al, 2012, Blank et al, 2012 et Smits-Engelsman et Wilson, 2013.

**Historiquement**, en France, les troubles spécifiques du développement de la motricité ont été successivement appelés maladresse (Collier, 1900), débilité motrice (Dupré, 1927), dyspraxie infantile (de Ajuguerra, 1964), dyspraxie de développement (Cermak, 1985), trouble spécifique du développement moteur (WHO, 1992), et finalement TAC pour Trouble de l'Acquisition de la Coordination (DSM III-R, 1987). D'autres terminologies se sont également succédées dans la littérature internationale : clumsy Child Syndrome, developmental Dyspraxia, DAMP pour Deficit in Attention Motor control and Perception (Gillberg, 2003). C'est officiellement le terme de TAC qui fait référence dans la littérature (Magalhães et al, 2006) et dans les conférences de consensus internationales (Blank et al., 2012).

	Asia	Australia	Canada	Europe	Netherlands	Northern	Sweden	UK	US	Total (%)
Clumsy child	–	7	2	2	–	3	–	5	4	23 (7.2)
DAMP	–	–	–	1	–	–	7	–	–	8 (2.5)
DCD	4	36	51	5	12	1	13	36	10	168 (52.7)
DD	–	–	2	1	1	–	–	4	3	11 (3.3)
HECP	–	–	–	–	–	8	1	–	–	9 (2.8)
Handwriting problems	–	1	–	4	3	–	–	1	1	10 (3.1)
Poor motor coordination	–	8	5	3	5	1	1	1	6	30 (9.4)
SID	–	–	–	1	–	–	–	2	5	8 (2.5)
Preterm	–	2	1	2	3	4	1	6	1	20 (6.3)
Other terms	–	3	6	1	8	4	1	3	6	32 (10)
Total, <i>n</i>	4	57	67	20	32	21	24	58	36	319
Total, %	1.2	17.9	21	6.3	10	6.6	7.5	18.2	11.3	100

Tableau 1 : Utilisation des termes les plus fréquents selon les pays (Magalhães et al, 2006)

Ainsi, de nombreux termes ont été utilisés pour la revue de la littérature de ce chapitre, comme motor skills disorder, developmental coordination disorder (DCD), specific developmental disorder of motor function (SDDMF), clumsiness, clumsy, clumsy child, incoordination, minimal brain dysfunction, minor neurological dysfunction, motor delay, perceptual–motor deficit, developmental dyspraxia, dyspraxia, dysgraphia, movement disorders, motor impairment, motor coordination problems, motor learning difficulties, mild motor problems, non-verbal learning disability, sensorimotor difficulties, physical awkwardness, physically awkward, psychomotor disorders, deficits in attention, motor control, and perception (DAMP).

#### *1.2.1.1. Définition*

---

Aujourd’hui, la définition du TAC selon le DSM5 (APA, 2013) est la suivante :

---

**A. L’acquisition et l’exécution des compétences en coordination motrice sont significativement en dessous de celles attendues** étant donnée l’âge chronologique de l’individu et les opportunités d’apprentissage et de pratique qu’il a eues. Les difficultés peuvent se manifester par une maladresse (comme faire tomber ou se cogner contre des objets), une lenteur et une baisse des performances motrices (ex : attraper un objet, utiliser des ciseaux ou un couteau, écrire à la main, faire du vélo, participer à des sports).

**B. La perturbation décrite dans le critère A interfère de façon significative et persistante avec les activités** de la vie courante appropriées pour l’âge chronologique (ex : prendre soin de soi), et a un impact sur la réussite académique/scolaire, les activités professionnelles, les loisirs et les jeux.

**C. Les symptômes ont débuté** dans la période de développement de la **petite enfance**.

**D. Cette perturbation n’est pas mieux expliquée par une déficience intellectuelle, ou un trouble visuel, et n’est pas attribuable à une pathologie neurologique** altérant les mouvements (ex. : infirmité motrice cérébrale, dystrophie musculaire, trouble dégénératif).

---

Le TAC couvre donc un vaste champ de troubles moteurs possibles, depuis le retard à la marche jusqu’aux dyspraxies, en passant par les troubles de l’équilibre... Au regard de la littérature, il n’existe toujours pas de consensus sur les dysfonctionnements de ce trouble neuro développemental (Peters et al., 2013). Contrairement à l’apraxie de l’adulte (trouble acquis de la motricité), sur laquelle les neuroscientifique tentent de se baser pour comprendre le TAC (trouble inné), le mécanisme est inconnu et est probablement plurifactoriel.

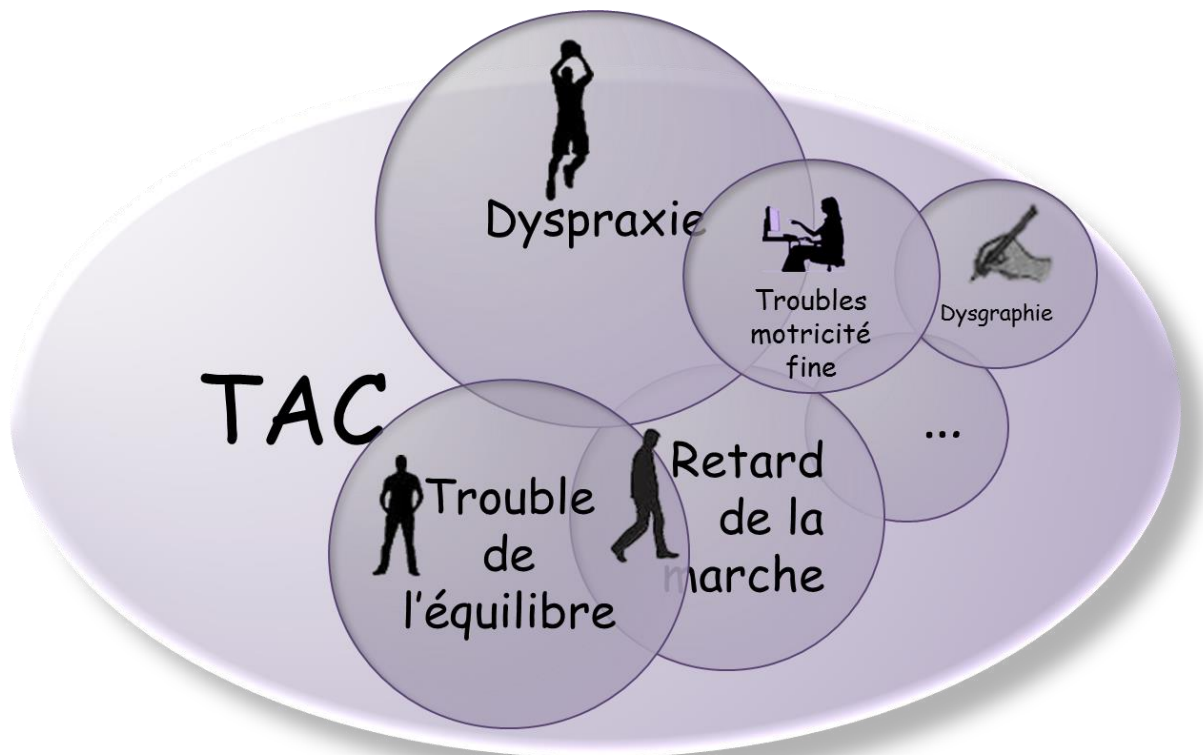


Figure 5 : Le Trouble de l'Acquisition de la Coordination (d'après [Albaret, 2012](#))

De même, pour la **dyspraxie**, au regard de la littérature, il n'existe pas de consensus sur les dysfonctionnements, mais également sur la définition ([Vaivre-Douret, 2007](#)). Alors que pour certains auteurs, la dyspraxie recouvre une large palette de troubles, allant, dans une perspective instrumentale, de la paralysie cérébrale au TAC, la plupart des auteurs de la psychologie infantile excluent les troubles primaires de la motricité, du tonus, et de la sensibilité tactile et proprioceptive ([Lemonnier, 2010](#)). Elle est définie par [Mazeau \(1995\)](#) comme une "anomalie touchant les fonctions de planification et de pré-programmation des gestes volontaires", donc inclut un moins large éventail de déficits que le TAC. Vaivre-Douret reste proche de cette définition de la dyspraxie développementale qu'elle décrit comme un "trouble de la réalisation du geste intentionnel" ([Vaivre-Douret, 2007](#)).

Deux grands **sous-types de dyspraxies** sont décrits : gestuelle (idéatoire et idéomotrice objet pour la planification et la programmation ; motrice pour l'exécution et le contrôle) et constructive (visuo-spatiale ; non visuo-spatiale). Selon Cermak, la dyspraxie de développement peut être classée en deux types. Premièrement, les troubles de la planification : la dyspraxie idéatoire (représentation du geste), et la dyspraxie visuo-constructive (orientation spatiale et perception visuelle). Deuxièmement les troubles de l'exécution : la dyspraxie idéomotrice (planification conservée mais exécution intentionnelle

est maladroite). La CIM10 (WHO , 2007), elle, mentionne le terme de dyspraxie, comme terme équivalent à "trouble spécifique du développement moteur". Dans la littérature, ce terme ne fait plus référence et n'est utilisé que dans 3% des articles qui traitent des troubles spécifiques du développement moteur (Magalhães et al., 2006). Le domaine dans lequel on retrouve le plus d'articles utilisant le terme "dyspraxie" à la place de "TAC" est celui des altérations de la motricité de plus haut niveau comme la dyspraxie idéatoire (trouble de l'utilisation d'objet) et la dyspraxie idéomotrice (trouble de l'imitation sans objet). Nous avons moins exploré ces deux domaines dans notre travail. Ainsi, nous aborderons peu les difficultés de réalisations de séquences motrices complexes. Nous nous sommes principalement intéressés aux baisses des performances motrices pour les mouvements demandant moins de ressources cognitives et basés surtout sur l'exécution et le contrôle moteur, même si tout acte moteur met également en jeu les fonctions de planification et de programmation, à des degrés plus ou moins importants (voir les modèles décrits à la fin de ce chapitre).

La définition des **Troubles Spécifique du Développement Moteur (TSDM)** selon la CIM10 (WHO , 2007) est, elle, très similaire à celle du TAC, mais légèrement plus restreinte : par exemple, elle exclut les troubles de la marche.

#### *1.2.1.2. Sémiologie*

---

##### *1.2.1.2.1. APPARITION DES TROUBLES ET EVOLUTION DES SYMPTOMES AU COURS DE LA VIE*

Les **manifestations** de l'altération des compétences varient avec l'âge. Chez les jeunes enfants, on retrouve un retard des acquisitions motrices de base (tenue assise, quatre pattes, marche). On peut également retrouver des performances retardées pour monter des escaliers, pédaler, boutonner les habits, faire un puzzle et remonter une fermeture Eclair. Même si la performance est acquise, l'exécution du mouvement peut paraître bizarre, lente, ou moins précise que celle de leurs pairs. Les jeunes enfants et les adultes vont présenter un ralentissement ou une imprécision des aspects moteurs de la vie quotidienne, pour les puzzles, les constructions de modèles, les jeux de balles, l'écriture à la main ou sur un clavier, la conduite (APA, 2013).

Les **activités** du quotidien familial, social, scolaire ou extra-scolaire sont limitées par les difficultés motrices. Par exemple, on retrouve des difficultés pour s'habiller, prendre un repas avec des ustensiles adaptés et sans tout salir, participer aux jeux physiques collectifs, utiliser les ciseaux ou la règle en classe. Non seulement la performance de réalisation de

l'activité est altérée, mais il y a aussi souvent une lenteur de l'exécution. L'écriture à la main est souvent altérée, illisible, lente, ce qui peut diminuer les résultats scolaires. Chez les adultes, les études et le travail peuvent être affectés par les problèmes de coordination, particulièrement lorsqu'il faut être rapide et précis (APA, 2013).

Associés au TAC, on peut également retrouver fréquemment des "**symptômes neurologiques légers**" : mouvements choréiformes des membres, syncinésies d'imitation et autres (WHO, 2007). Ils traduisent une immaturité neurologique. Le rôle de leur évaluation dans le diagnostic du TAC reste controversé, et demande de plus amples études (APA, 2013).

#### 1.2.1.2.2. SOUS-TYPES DE TAC

Si un domaine moteur est altéré de façon isolée, il est important de spécifier que le TAC est "spécifique" de ce domaine : **motricité globale, motricité fine ou grapho-motricité** principalement (Blank et al., 2012). Si l'enfant présente des difficultés particulières dans un domaine (motricité fine ou globale en dessous du 5<sup>ème</sup> centile), alors il est possible de réaliser un diagnostic de TAC même si le score total est meilleur que le 15<sup>ème</sup> centile. On parlera alors de TAC "spécifique du domaine altéré" (motricité fine ou globale ou graphomotricité) (Blank et al., 2012).

#### 1.2.1.2.3. DOMAINES ALTERES

##### *Motricité globale*

Dans le TAC, les **troubles du contrôle postural, de l'équilibre et de la locomotion** ne sont pas systématiques mais ils sont très fréquents (voir Geuze, 2005, pour une revue de la littérature). Certains auteurs retrouvent une augmentation du chancellement en posturométrie (hausse des oscillations antéropostérieures et de la surface du déplacement du centre de pression). Pour certains enfants avec TAC, ces troubles n'apparaissent qu'avec l'augmentation des contraintes, dans les situations complexes avec limitation des entrées sensorielles, ou encore dans les situations nouvelles qui exigent de nouvelles stratégies (Geuze, 2005). Wann a montré que les enfants avec TAC avaient des difficultés à intégrer les informations visuelles et non-visuelles lorsqu'il y avait conflit, et qu'ils étaient dépendants des informations visuelles comme des enfants plus jeunes (1998, cité par Albaret, 2012). Certains auteurs retrouvent également une sensibilité réduite aux informations proprioceptives (Przysucha et al., 2008). Dans son étude de l'interaction sensorielle dans l'équilibre des enfants avec TAC, Cherng et al. (2007) retrouvent une baisse des performances des enfants avec TAC dans toutes les conditions. Cependant, ils ne retrouvent pas de différence de contribution d'une afférence sensorielle en particulier. Ainsi, deux hypothèses sont émises:

soit la difficulté se situe au niveau de l'intégration des informations sensorielles (problème de suppléance), soit c'est la synchronisation entre ces informations sensorielles et la réponse motrice qui est altérée.

#### *Motricité fine*

La plupart des études sur le **pointage** dans le TAC retrouve un Temps de Réaction (TR) et un Temps de Mouvement (TM) allongés (Ameratunga et al., 2004). Ces paramètres sont également plus variables que chez les enfants de développement typique (Albaret, 2012). L'augmentation des TM est associée à une durée de contraction des muscles agonistes allongée et un retard d'apparition de la contraction des antagonistes (Huh, et al., 1998).

#### *Grapho-motricité*

On retrouve souvent une **dysgraphie** chez les enfants avec TAC. Dans leur étude comparant l'écriture de 40 enfants avec ou sans TAC, réalisée en 2008, Rosenblum & Livneh-Zirinski retrouvent les caractéristiques suivantes pour l'écriture des enfants avec TAC : hausse du nombre de lettres effacées, hausse du temps sur le papier, hausse du temps en l'air (déplacements du stylo), baisse de la pression, baisse de la lisibilité, baisse de la fréquence d'inscription et baisse de l'organisation spatiale.

#### 1.2.1.2.4. EVOLUTION ET COMPLICATIONS

Au niveau de l'**évolution**, même si le TAC tend à s'améliorer à long terme, 50 à 70% des enfants avec TAC continuent à présenter des problèmes de coordination à l'adolescence (APA, 2013).

A propos des **complications**, le TAC dans l'enfance est un important facteur de risque d'anxiété à l'adolescence (plus de 3 fois plus d'anxiété à l'adolescence selon Sigurdsson & Fombonne, (2002). Ces adolescents sont moins satisfaits de leur vie que les adolescents de développement typique (Blank et al., 2012) et ont une baisse du sentiment d'efficacité personnelle (Cairney et al., 2005). A long terme, il semble que des problèmes de comportement et d'interaction sociale persistent, associés à un stress familial important (Stephenson & Chesson, 2008). De manière générale, les enfants avec TAC ont de moins bons résultats à l'école que ceux de développement typique (Tseng, & al, 2007). Les troubles spécifiques de la motricité fine entraînent plus particulièrement des difficultés scolaires, alors que les troubles de la motricité globale sont particulièrement associés à une baisse de la socialisation avec les pairs (Blank et al., 2012). Aussi, les enfants présentant un TAC ont

tendance à être moins actifs, et à moins faire de sport, ce qui a un impact sur leur poids et leur santé physique (Rivilis et al., 2011).

#### 1.2.1.2.5. COMORBIDITES

Le TAC s'observe fréquemment avec d'autres troubles. Les comorbidités **les plus fréquentes** sont le Trouble Déficitaire de l'Attention avec Hyperactivité (TDAH, chez 50% des enfants avec TAC), les troubles spécifiques du développement (dyslexie, dysphasie... on retrouve 70% de TAC chez les enfants présentant une dysphasie) et le TSA (retrouvé chez 5 à 10% des enfants avec TAC) (Blank et al., 2012).

Les critères du TAC et du **Trouble du Spectre de l'Autisme** dans le DSM IV excluaient la possibilité de faire un diagnostic de comorbidité TSA et TAC, puisqu'ils s'excluaient mutuellement. Néanmoins, on estime que 5 à 10% des personnes avec TAC présentent un TSA (Lingam et al., 2009, cité par Blank et al., 2012), et que 34 à 79% des personnes avec TSA présentent un TAC (Matson & al, 2011). Dans le DSM5 (APA, 2013), le TAC est d'ailleurs devenu une comorbidité reconnue du TSA. En effet, ces diagnostics duels aident à identifier les priorités pour la prise en charge (Blank et al., 2012).

Lorsqu'il y a une **déficience intellectuelle** associée, la difficulté motrice doit être excessive par rapport à celle que l'on attend pour l'âge de développement. Néanmoins, il n'y a pas de consensus sur un seuil de QI ou de déviation standard (APA, 2013, Blank et al., 2012). Pour les problèmes socio-émotionnels (anxiété, dépression), voir la partie "Evolution et complications".

#### 1.2.1.2.6. DIAGNOSTICS DIFFERENTIELS

Les **diagnostics différentiels principaux** sont les troubles neurologiques, les troubles de la vision, et le déficit intellectuel (APA, 2013). Le TDAH, les TSA et les troubles des conduites peuvent également interférer avec la performance motrice et son évaluation (Blank et al., 2012).

Les **pathologies somatiques** doivent être éliminées au cours du bilan médical, notamment les troubles neurologiques (apraxies lésionnelles, acquises ; paralysie cérébrale, lésions progressives du cervelet, trouble neuro-musculaire), et les troubles des fonctions visuelles. L'hypermobilité (ou hyperlaxité) articulaire peut être isolée ou associée à un syndrome génétique (comme le syndrome d'Ehlers-Danlos...). Elle peut entraîner des symptômes



similaires au TAC, associés à des arthralgies et peut être facilement mise en évidence par un examen clinique (APA, 2013).

Les autres **troubles neuro-développementaux** sont d'importants diagnostics différentiels à considérer : déficience intellectuelle, TDAH et TSA surtout. Si une déficience intellectuelle est présente, les compétences motrices sont altérées de façon concordante au retard de développement. Néanmoins, si les difficultés motrices sont excessives par rapport à ce qui est attendu d'après la déficience intellectuelle, alors il est possible de faire le co-diagnostic (Blank et al., 2012). Le Trouble du Déficit de l'Attention avec Hyperactivité est également un diagnostic différentiel auquel le clinicien doit penser. En effet, les personnes avec TDAH peuvent souvent tomber, se cogner, ou faire tomber des objets. Une observation attentive des différents contextes est alors nécessaire pour comprendre si la maladresse est attribuable à la distractibilité et à l'impulsivité du TDAH, au TAC ou au deux. Si les critères des deux troubles sont remplis, il est effectivement possible de faire un co-diagnostic TDAH et TAC (APA, 2013). Enfin, le Trouble du Spectre de l'Autisme peut entraîner un manque d'intérêt pour les tâches qui demandent une coordination complexe, comme les jeux de balle (Miyahara et al., 1997). On peut ainsi retrouver une altération des performances sans que cela reflète un manque de compétence motrice. Cependant, la cooccurrence des deux diagnostics est également fréquente, donc ils peuvent être posés simultanément, si les critères sont remplis.

#### *1.2.1.3. Épidémiologie*

---

Pour la **prévalence**, il est communément admis que 5 à 6% des enfants présentent un TAC (Wilson & al., 2013, APA, 2013). Les études les plus strictes dans leurs critères comme la Avon Longitudinal Study of Parents and Children, sur plus de 7000 sujets, retrouvent une prévalence autour de 4,9% : 1,8% d'entre eux ont un "TAC sévère", et 3,1% présentent un "TAC probable" (Lingam & al, 2009).

Au niveau du **sex ratio**, les garçons sont plus touchés que les filles, avec un sex ratio entre 2/1 et 7/1 selon les études (Kadesjö & Gillberg, 1998, Lingam et al., 2009, Blank et al., 2012).

Les **facteurs de risque** de TAC sont environnementaux, physiologiques et génétiques. Au niveau environnemental, les principaux facteurs de risque sont l'exposition prénatale à l'alcool (APA, 2013), la prématurité, le petit poids de naissance (<2500g), et le milieu socio-économique défavorisé (Lingam et al., 2009). Des altérations neuro-développementale des réseaux visuo-moteurs (perception visuo-motrice et imagerie mentale spatiale) sont



suspectées, entraînant une baisse des ajustements moteurs rapides lorsque la complexité des mouvements augmente. Certains auteurs ont proposé l'hypothèse d'un dysfonctionnement cérébelleux, mais la base neurale du TAC demeure peu claire. Au niveau génétique, [Lichtenstein et al. \(2010\)](#) retrouvent une héritabilité du TAC de 70% dans leur étude chez 490 jumeaux suédois. Devant la cooccurrence du TAC avec le TSA, le Trouble du Déficit de l'Attention / Hyperactivité (TDAH), et les troubles spécifiques des apprentissages, l'hypothèse de bases génétiques communes est en cours d'étude. En effet, les études de jumeaux ne retrouvent une cooccurrence consistante que dans les cas sévères ([APA, 2013](#), [Blank et al., 2012](#)).

Le **facteur de mauvais pronostic** le mieux identifié est la cooccurrence avec le TDAH ([APA, 2013](#)). L'impact du TAC sur l'engagement dans les activités physiques est influencé par une multitude de facteurs (sociaux, culturels, environnementaux, individuels ([Blank et al., 2012](#)).

#### *1.2.1.4. Evaluation du TAC*

---

Les différentes **recommandations** émises sur le bilan du TAC insistent sur l'importance de la pluridisciplinarité du bilan, afin notamment, d'éliminer les diagnostics différentiels, de confirmer le diagnostic, et d'évaluer les comorbidités ([APA, 2013](#), [Chabloz & al, 2011](#), [Blank & al, 2012](#)). La conférence de consensus de l'European Academy for Childhood Disability (EACD) insiste également sur l'importance d'interroger l'enfant et les parents, mais également les professeurs et les proches de l'enfant (recommandation 4) sur le fonctionnement personnel, domestique, scolaire et de loisir ([Blank et al., 2012](#)). Une seule revue systématique a été réalisée pour les outils d'évaluation de la performance de motricité globale chez les enfants avec TAC ([Slater, Hillier, & Civetta, 2010](#)). D'autres revues de la littérature ont été réalisées, mais de façon non systématique ([Wilson, 2005](#)).

**Au niveau de l'âge du diagnostic**, classiquement, le TAC n'est pas diagnostiqué avant l'âge de 5 ans pour les deux raisons suivantes : avant 5 ans, certains enfants présentent un retard moteur qu'ils rattrapent par la suite ("late developers"); de plus, lors des bilans, la coopération et la motivation des jeunes enfants est variable ([Darrah & al, 2003](#)). A noter néanmoins, une bonne fiabilité test-retest de la MABC dès l'âge de 3 ans ([Smits-Engelsman, & al, 2011](#)). Quoi qu'il en soit, il est admis qu'il y a peu de stabilité du diagnostic de TAC avant l'âge de 5 ans, excepté pour les enfants avec ou à risque de TSA ([Van Waelvelde & 2010](#)) ou ceux dont le TAC est sévère ( $> 2$  DS, [Pless & al, 2002](#)). Ainsi, selon l'EACD, si un

enfant entre 3 et 5 ans présente des difficultés motrices majeures alors qu'il a eu l'opportunité d'apprendre (absence de déprivation) et qu'il n'y a pas d'autre cause de retard moteur (génétique, neurologique), alors le diagnostic de TAC peut être fait, mais seulement après deux évaluations éloignées d'au moins 3 mois (Blank et al., 2012).

#### 1.2.1.4.1. OUTILS DE DEPISTAGE

##### *Hétéro-questionnaires aux parents ou aux enseignants*

Le **Questionnaire sur le Trouble de l'Acquisition de la Coordination ou QTAC** (Martini & Wilson, 2011) est actuellement le questionnaire le mieux évalué (Blank et al., 2012). C'est l'adaptation française du Developmental Coordination Disorder Questionnaire - French Canadian (ou DCDQ-FC), basée sur le Developmental Coordination Disorder Questionnaire (ou DCD-Q), développé et révisé par Wilson (2009). C'est un questionnaire aux parents permettant d'aider à l'identification du TAC chez les enfants de 5 à 15 ans. Les parents doivent comparer le rendement moteur à celui d'autres enfants du même âge selon une échelle de 5 points (Likert). L'outil a été testé auprès de 287 enfants présentant un développement typique et 232 enfants avec des difficultés de coordination. Les valeurs globales pour le questionnaire sont de 84.6% pour la sensibilité et de 70.8% pour la spécificité (Wilson et al., 2009). Le QTAC consiste en 15 questions qui sont regroupées en trois catégories (contrôle lors du mouvement, motricité fine et écriture, et coordination globale). En dessous du score seuil (défini selon l'âge du patient), on parle d' "indication de, ou soupçon de TAC" (voir l'échelle en annexe).

Il existe d'**autres hétéro-questionnaires** spécifiques du TAC, nécessitant une plus ample évaluation (Blank et al., 2012). A noter, la Movement Assessment Battery-2 ou MABC-2 (Henderson & al, 2007), qui est un outil diagnostique du TAC, comprend un hétéro-questionnaire destiné à l'enseignant. Elle permet également de scorer le niveau de compétence dans différentes activités motrices (jeux de balle...).

##### *Auto-questionnaires aux enfants*

Certains auteurs ont également développé des **auto-questionnaires** à remplir par les enfants. Ils sont principalement centrés sur le sentiment d'efficacité personnelle pour les mouvements et sur l'estime de soi : la "All about Me Scale" (Missiuna, 1998), la "Perceived Efficacy and Goal setting Sytem" ou PEGS (Missiuna, 2000), et la "Children Self-perception of Adequacy in and Predilection for Physical Activity" ou CSAPPA (Cairney et al., 2007). Ces auto-questionnaires sont encore peu évalués mais certaines études sont encourageantes, notamment pour la CSAPPA (Cairney et al., 2007 ; Hay et al, 2004).

#### 1.2.1.4.2. BILAN MULTIDISCIPLINAIRE

Le Consensus Régional Formalisé sur la Dyspraxie Développementale (Chabloz & al, 2011), insiste sur l'importance d'un bilan pluridisciplinaire en trois temps, **bilan médical, bilan psychométrique et bilan paramédical**. Le bilan est multidisciplinaire, afin notamment d'exclure les diagnostics différentiels principaux de trouble neurologique, trouble de la vision, et déficit intellectuel (APA, 2013). Le TDAH, les TSA et les troubles des conduites peuvent également interférer avec la performance motrice et son évaluation (Blank et al., 2012).

##### *Bilan médical*

Au cours du bilan médical, les **entretiens** avec l'enfant, les parents et les enseignants rechercheront des signes d'appel (retard des acquisitions, fatigabilité, lenteur, dysgraphie, maladresse, limitation quotidienne), des antécédents (personnels et familiaux), le retentissement (scolarité, sport, estime de soi et anxiété-dépression) et des comorbidités et diagnostics différentiels (TDAH, TSA, autres retards de développement comme la lecture, troubles du comportement, carence, maltraitance) (Chabloz et al., 2011, Blank et al., 2012).

L'**examen clinique** comportera une évaluation des acquisitions psychomotrices en fonction de l'âge de l'enfant, un examen neurologique pour exclure une pathologie neurologique (paires crâniennes, syndrome pyramidal, cérébelleux, vestibulaire) et rechercher des signes neurologiques mineurs (mouvements choréiformes et syncinésies). Un examen de la laxité articulaire sera effectué pour éliminer un syndrome d'hyper mobilité articulaire. Les autres diagnostics différentiels et comorbidités à rechercher au cours de l'examen clinique sont l'obésité, l'hypothyroïdie, l'hyperlaxité, les syndromes génétiques, les troubles visuels.

Aucun **examen complémentaire** n'est systématique pour le diagnostic de TAC. Un bilan biologique, une exploration neurophysiologique ou une imagerie cérébrale pourront être réalisés sur point d'appel (Blank et al., 2012).

##### *Bilan psychométrique et paramédical*

Un **bilan psychométrique**, n'a pas besoin d'être systématiquement réalisé, mais il peut aider au diagnostic et à l'évaluation de la déficience intellectuelle si suspicion (Blank et al., 2012). Selon l'âge, on réalisera un WPPSI (de 2 ans 6 mois à 7 ans 3 mois), ou un WISC (de 6 ans à 16 ans 11 mois). Une dissociation ICV/IRP, avec un ICV conservé mais une chute de l'IRP, est en faveur d'une dyspraxie (Boudia 2011) mais n'est pas systématiquement retrouvé. De même, un score faible au subtest cube orientera vers ce diagnostic. Si une déficience intellectuelle est présente, les compétences motrices sont altérées de façon concordante au retard de développement. Néanmoins, si les difficultés motrices sont excessives par rapport à

ce qui est attendu d'après la déficience intellectuelle, alors il est possible de faire le co-diagnostic (Blank et al., 2012).

Un **bilan de l'attention/impulsivité** et des fonctions exécutives peut également être réalisé, notamment en cas de doute sur des symptômes de TDAH (50% des enfants avec TAC) (Blank et al., 2012).

#### 1.2.1.4.3. OUTILS DIAGNOSTIQUES

Il est indispensable d'utiliser un **test moteur standardisé, validé, fiable et approprié** pour faire le diagnostic de TAC. La Movement Assessment Battery for Children ou MABC (Henderson & al, 1992) et le Bruininks Oseretsky Test of Motor Proficiency ou BOT (Bruininks, 1978) sont les deux tests recommandés par l'EACD (Blank et al., 2012), et sont les tests les plus fréquemment employés dans la littérature. Néanmoins, même la MABC, qui est actuellement considéré comme le "gold standard" pour l'évaluation du TAC (Blank et al., 2012), n'est pas suffisante pour faire le diagnostic de TAC (Venetsanou et al., 2011), qui nécessite l'évaluation pluridisciplinaire décrite précédemment. Il arrive de réaliser des primo-diagnostic à l'âge adulte, mais il y a à l'heure actuelle un manque d'outils d'évaluation adapté pour cette population (Blank et al., 2012).

Quel que soit l'outil, le **score seuil** pour le diagnostic de TAC est encore controversé. Les études utilisent généralement le 5<sup>ème</sup> centile. Néanmoins, pour les cliniciens, l'important est de ne pas laisser de côté des enfants qui auraient besoin d'aide. Ainsi, l'EACD recommande d'utiliser le 15<sup>ème</sup> centile comme seuil pathologique (score standard=7 pour la MABC) pour les enfants de plus de 5 ans, et le 5<sup>ème</sup> centile pour ceux de 3 à 5 ans. Pour les plus de 5 ans, on parlera de TAC modéré ou borderline entre le 5<sup>ème</sup> et le 15<sup>ème</sup> percentile. Toujours pour cette population, si l'enfant présente des difficultés particulières dans un domaine (motricité fine ou globale en dessous du 5<sup>ème</sup> centile), alors il est possible de réaliser un diagnostic de TAC même si le score total est meilleur que le 15<sup>ème</sup> centile. On parlera alors de TAC "spécifique du domaine altéré" (motricité fine ou globale principalement) (Blank et al., 2012).

Ainsi, différents **outils** permettent une mesure de plusieurs habiletés motrices et psychomotrices. Nous nous sommes particulièrement intéressés au test de compétence motrice de Bruininks-Oseretsky et à la batterie d'évaluation des mouvements chez l'enfant ou MABC qui sont recommandés par l'EACD. Les autres outils nécessitent une plus ample évaluation : échelle de coordination motrice de Charlop-Atwell, échelle de développement psychomoteur de Lincoln-Oseretsky... Pour la motricité manuelle, le Purdue pegboard est

classiquement utilisé. (J. Albaret & Castelnau, 2004). Les batteries de test citées précédemment ne permettant pas de faire le diagnostic de trouble grapho-moteur, l'EACD recommande de rajouter un test d'écriture comme le BHK (Blank et al., 2012).

Clinical Properties of Outcome Measures					
Outcome Measure	Age	Number of Test Items	Score Interpretability	Equipment Provided	Time for Administration
BGMA <sup>22</sup>	5½–12½ y	8 items ≥7 y 5½ items <7 y	Raw score converted to percentile or normative score.	✓	Not stated
BOT-2 <sup>23</sup>	4–21 y	53 items (LF) 13 items (SF)	Raw score converted to scale score and standard score (complicated conversion system).	✓	40–60 min (LF) 15–20 mins (SF)
M-ABC <sup>24</sup>	4–12 y	32 items (8 for each age group)	Raw score converted to Impairment score and into percentile (simple conversions).	✓	20–40 min
MAND <sup>25</sup>	3½ y to young adult	10 items	Scores converted to a scaled score, neuromuscular index, and factor scores: specific to test (complicated scoring and interpretation).	✓	Not stated
PDMS-2 <sup>26</sup>	0–5 y, 11mo	241 items divided into age-expected fields	Raw scores converted into percentile, age equivalent, and standardized scores (complicated scoring/conversions).	Approximately ½ purchased separately	45–60 min
TGMD-2 <sup>27</sup>	3–10 y	12 items	Raw scores converted to standard score and converted to a gross motor quotient score and percentile rank.	All equipment purchased separately	15–20 min
ZNA <sup>28</sup>	5–18 y	15 items	Conversion of scores via computer program, raw scores converted to Z-score and percentile.	✓	~20 min

Abbreviations: BGMA, Basic Gross Motor Assessment; BOT-2, Bruininks-Oseretsky Test, 2nd ed.; LF, long form; MABC-2, Movement Assessment Battery for Children; MAND, McCarron Assessment of Neuromuscular Development; PDMS-2, Peabody Developmental Motor Scale, 2nd ed.; SF, short form; TGMD-2, Test of Gross Motor Development, 2nd ed.; ZNA, Zurich Neuromotor Assessment.

The symbol ✓ represents equipment provided with kit except for consumables, that is, stopwatch, tape. Note that time given for administration does not include set up or scoring time. All of the measures have adequate description of items in their manuals.

**Tableau 2 : Tests mesurant les performances motrices chez les enfants avec TAC dans la littérature (Slater et al., 2010)**

### Tests recommandés par l'EACD :

L'EACD recommande donc comme **bilan minimum du TAC**, la réalisation d'une batterie de motricité validée (MABC ou BOT), associée à un test de graphomotricité (BHK).

**La Movement Assessment Battery for Children ou MABC – MABC2** (Henderson et al., 1992; Soppelsa & Albaret, 2004) évalue les capacités psychomotrices des enfants de 3 ans à 16 ans et 11 mois pour la MABC2, alors que la MABC ne s'adressait qu'aux enfants de 4 à 12 ans. La durée de l'épreuve est de 25 à 40 minutes. Le but n'est pas de fournir un niveau de performance mais de distinguer les enfants présentant des capacités normales de ceux qui ont un déficit (J. Albaret & Castelnau, 2004). La MABC est donc sensible pour les performances les plus faibles mais peu discriminative pour les bonnes performances. Elle réunit deux outils qui apprécient le niveau de coordination motrice avec un système de

notation quantitatif et qualitatif (test) et l'impact sur les activités de la vie quotidienne (questionnaire). Le test est composé de trois catégories, dextérité manuelle, maîtrise de balle, équilibre. Dans la catégorie dextérité manuelle, sont mesurées la vitesse-précision unimanuelle, la coordination bimanuelle, la coordination oculomanuelle ou contrôle graphique. La maîtrise de balles comprend la réception et le lancer. Les équilibres statique et dynamique sont mesurés avec des mouvements rapides (comme le saut), et lents (comme la marche). Un ensemble d'observations qualitatives doit être complété en termes de contrôle du corps, de posture et d'adaptation aux exigences de l'épreuve. Il existe différentes tranches d'âge : trois tranches dans la MABC2, quatre tranches dans la MABC. La passation de chaque item comporte une démonstration accompagnant la consigne, un temps d'entraînement, puis les essais formels. La transformation des données brutes en notes standard permet de calculer un score pour chaque catégorie ainsi qu'un score total. Le questionnaire est avant tout destiné aux enseignants, mais il peut aussi être rempli par les parents ou des professionnels. Il contient des questions constituées à partir de l'interaction entre l'enfant (immobile ou en déplacement) et l'environnement (stable ou changeant). D'autres questions sont relatives aux problèmes comportementaux en lien avec des difficultés motrices. L'étalonnage initial du test a porté sur 1234 enfants de 4 à 12 ans provenant des différentes régions des Etats-Unis, et celui du questionnaire sur 298 enfants de 6 à 9 ans issus du Royaume-Uni ([Henderson et al., 1992](#)). L'étalonnage de la version française de la MABC a porté sur plus de 585 enfants de 4 à 12 ans ([Soppelsa & Albaret, 2004](#)). Il s'agit de l'un des outils les plus utilisés et les plus pertinents pour le dépistage des enfants à risque sur le plan moteur et pour le diagnostic du Trouble de l'Acquisition de la Coordination ([J. Albaret & Castelnau, 2004](#)).

**Le Bruininsk Oseretsky Test of Motor Proficiency ou BOT-BOTMP / BOT2-BOTMP2** ([Bruininks, 1978](#)) est destiné aux individus de 4 à 21 ans pour le BOT2, alors que le BOT ne s'adressait qu'aux enfants de 4 ans 6 mois à 14 ans 6 mois. Il comprend de la motricité globale (rapidité de course et agilité, équilibre, coordination bilatérale, force), de la motricité fine (rapidité de réaction, contrôle visuomoteur, rapidité et dextérité des membres supérieurs) et de la coordination des membres supérieurs. Le temps de passation du test est de 45 à 60 minutes mais il existe une forme abrégée de 15 à 20 minutes. Les données normatives américaines du BOT proviennent d'un échantillon de 765 enfants. Il n'existe pas de normes françaises à notre connaissance ([J. Albaret & Castelnau, 2004](#)).

**L'échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant BHK** ([Hamstra-Bletz et al., 1987](#) ; [Charles, Soppelsa et Albaret, 2003](#)) a été créée pour déceler précocement les



dysgraphies. Le test consiste à faire copier un texte aux enfants durant 5 minutes. Les cinq premières phrases sont composées de mots monosyllabiques rencontrés au CP, puis le texte se complexifie. L'analyse de l'écriture se fait à partir de 13 items, de la vitesse d'écriture et d'un ensemble de signes cliniques. Ces 13 items sont écriture grande, inclinaison de la marge vers la droite, lignes non planes, mots serrés, écriture chaotique, liens interrompus entre les lettres, télescopages, variation dans la grandeur des lettres troncs, hauteur relative incorrecte, distorsion des lettres, formes de lettres ambiguës, lettres retouchées, hésitations et tremblements.

### *Autres tests*

En France, les autres évaluations suivantes sont recommandés dans la dyspraxie par la **conférence de consensus régionale** (Chabloz et al., 2011) : capacités d'analyse visuo-spatiale, capacités de représentation spatiale mentale, stratégies du regard (bilan orthoptique), capacités de construction en 2D et 3D sur consigne, avec image et avec modèle réel, capacités de planification, capacités d'imitation de gestes, qualité gestuelle en situation de réalisation, évaluation des praxies bucco-faciales, précision des gestes, qualité du graphisme et/ou de l'écriture (test de Lespargot), capacités de réalisation de tracés géométriques/copie de figure (figure de Rey). Un score faible ou déficitaire aux épreuves d'orientation visuelle, de stratégie du regard, de copie de figure, de praxie gestuelle et de graphisme est en faveur d'une dyspraxie (Chabloz et al., 2011).

**Le Purdue pegboard** (motricité fine) (Tiffin, 1968 ; Béguet & Albaret, 1998) est une épreuve de placement de chevilles sur une planche en temps limité. La tâche consiste à insérer le plus rapidement possible des tiges dans les trous de la planche et, pour la dernière partie, à assembler rondelles et tubes sur des tiges verticales. L'épreuve complète prend une quinzaine de minutes et compte quatre parties : épreuve main droite, épreuve main gauche, épreuve deux mains (mouvements simultanés), épreuve d'assemblage (mouvements alternés des deux mains). Chaque partie comporte trois essais identiques d'une durée de 30 secondes pour les trois premiers et d'une minute pour l'assemblage. Un étalonnage a été réalisé sur une population française de 341 enfants âgés de 6 à 10 ans (Béguet & Albaret, 1998). (J. Albaret & Castelnau, 2004)

**L'Echelle de développement psychomoteur de Lincoln-Oseretsky** (Sloan, 1955 ; Rogé, 1984) est applicable à partir de 5 ans 6 mois jusqu'à 14 ans 6 mois. Elle comporte 36 items sous forme de tâches motrices unilatérales et bilatérales. Le matériel standardisé est



composé de petit matériel (jetons, allumettes...). Tous les items comportent une démonstration préalable à la passation. Pour chaque item, la performance obtenue est transformée en score permettant de calculer un score total brut. Un pourcentage de réussite par facteur est ensuite calculé et fournit un profil psychomoteur. Le temps de passation est de 30 à 45 minutes. La version française est étalonnée sur 622 enfants. L'analyse factorielle de la version française met en évidence six facteurs utilisables: le contrôle-précision au niveau manuel, les coordinations globales, l'activité alternative des membres, la vitesse de mouvement doigt-poignet, l'équilibre, et les activités manuelles (J. Albaret & Castelnau, 2004).

**L'Echelle de coordination motrice de Charlop-Atwell** (Charlop & Atwell, 1980 ; Albaret & Noack, 1994) mesure les coordinations motrices générales des enfants de 3 ans 6 mois à 6 ans. Les six items sont répartis en quatre catégories : coordination entre membres supérieurs et membres inférieurs ("le pantin" et "l'animal préhistorique"), coordination de deux actions simultanées ("saut avec demi-tour" et "tournoiement"), équilibre dynamique ("sauts successifs sur un pied"), et équilibre statique sur la pointe des pieds. La durée de passation est d'environ 15 minutes. Le score quantitatif ou "objectif" prend en considération la réussite, le nombre d'essais et le temps de réalisation. Le score qualitatif ou "subjectif" est obtenu à l'aide de critères comme la continuité du mouvement, la capacité d'anticipation, la précision de réalisation, la souplesse d'exécution. L'échelle a été étalonnée sur une population française de 354 enfants (J. Albaret & Castelnau, 2004).

**Les échelles de développement destinées aux jeunes enfants** sont notamment l'échelle de Bayley, de Brunet-Lezine, et la Peabody developmental motor scale. Nous décrirons dans ce travail l'échelle de développement psychomoteur de la première enfance de Brunet-Lézine (version révisée ; Brunet et Lezine, 2001) qui est la plus utilisée à l'heure actuelle en France. Elle est destinée aux enfants de 0 à 30 mois, avec quatre domaines. (1) motricité ou posture avec une étude des mouvements de l'enfant dans les différentes postures, et une étude de la locomotion ; (2) coordination oculomotrice avec une étude de la préhension et de la motricité fine, des praxies, du comportement de l'enfant avec les objets ; (3) langage pour les fonctions de compréhension et d'expression ; (4) relations sociales pour la prise en conscience de soi, les relations avec autrui, les mimiques, les adaptations sociales. Dix items sont proposés par niveau d'âge mais leur proportion varie selon les domaines, et reflète la progression des acquisitions de l'enfant. L'analyse des résultats permet de calculer les âges de

développement (AD) et les quotients de développement (AD / âge réel) par domaine et globaux.

**Pour conclure, le bilan du TAC** est multidisciplinaire, et il est recommandé de recueillir les observations des aidants et des professionnels. L'évaluation se déroule en deux temps : bilan médical et psychométrique, et bilan moteur standardisé.

(1) Si un enfant présente des problèmes moteurs et une baisse des performances motrices depuis la petite enfance, un bilan **médical** et développemental est indiqué. Au moindre doute sur une baisse du niveau cognitif, il est recommandé de réaliser un bilan **psychométrique**. Il est effectivement important d'exclure les diagnostics différentiels principaux : trouble neurologique, trouble de la vision, et déficit intellectuel (APA, 2013). Le TDAH, les TSA et les troubles des conduites peuvent également interférer avec la performance motrice et son évaluation, ils sont à la fois des diagnostics différentiels et des comorbidités potentielles. Les examens complémentaires sont réalisés sur point d'appel. Ce bilan doit également faire le point sur l'impact fonctionnel : si une altération du fonctionnement est retrouvée au niveau de la vie quotidienne ou des performances scolaires, un bilan moteur standardisé doit être réalisé.

(2) Il est indispensable d'utiliser un test moteur standardisé, validé, fiable et approprié pour faire le diagnostic de TAC. Le bilan minimum comprend une MABC et un BHK. La MABC (Henderson & al, 1992) est le seul test global recommandés par l'EACD (Blank et al., 2012) qui soit actuellement traduit en français à notre connaissance. Il est également recommandé d'utiliser un test spécifique de la graphomotricité (BHK) pour compléter ce domaine. Le score seuil est le 15<sup>ème</sup> centile, on parlera de TAC modéré entre le 15<sup>ème</sup> et le 5<sup>ème</sup> centile. Si l'enfant présente des difficultés sévères dans un domaine et non dans les autres (motricité fine ou globale ou graphomotricité en dessous du 5<sup>ème</sup> centile avec le reste au-dessus du 15<sup>ème</sup> centile), on parlera alors de TAC "spécifique du domaine altéré" (Blank et al., 2012). Si l'enfant a moins de 5 ans, le score seuil est le 5<sup>ème</sup> centile et il faut refaire le test à 3 mois.

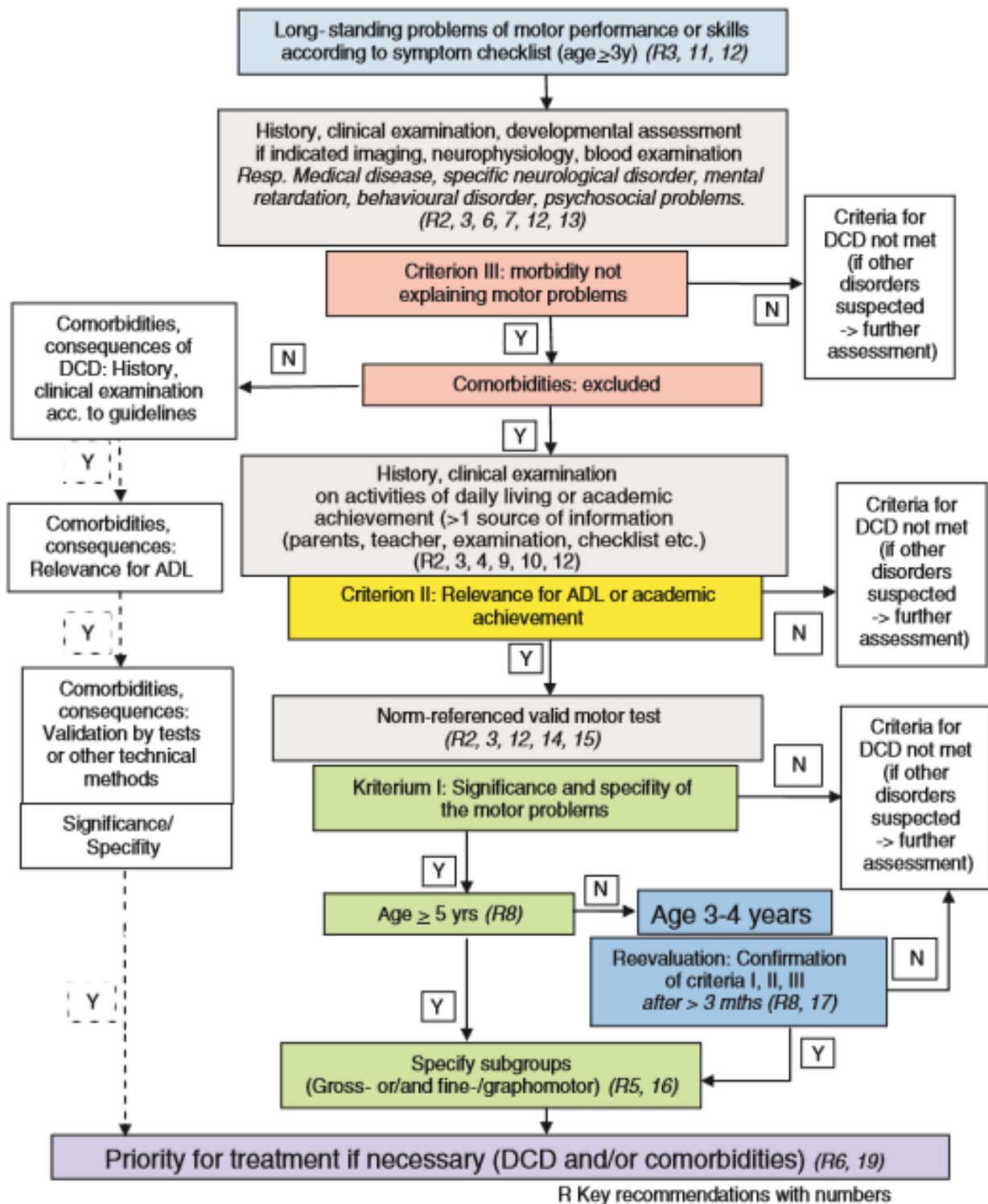


Figure 6 : Résumé des recommandations pour l'évaluation du TAC (Blank et al., 2012)

#### 1.2.1.5. Prise en charge du TAC

---

Nous nous sommes particulièrement intéressés à deux **recommandations** sur le sujet : les recommandations européennes de l'EACD (Blank et al., 2012) et un consensus régional français en 2011 (Chabloz et al.). A notre connaissance, six revues de la littérature ont été réalisées sur les prises en charge du TAC au cours des dix dernières années : Wilson, 2005, Smits-Engelsman & al., 2013, Bo & Lee, 2013, Zwicker & al, 2012, Polatajko & Cantin, 2005, et Hillier, 2007. Même si le type de prise en charge reste controversé, il y a de solides arguments pour dire qu' "une prise en charge vaut mieux qu'aucune" dans le TAC (Hillier, 2007).

Un **projet personnalisé, avec des objectifs, et des évaluations régulières** doit être mis en place. En effet, l'EACD (Blank et al., 2012) insiste sur trois points : la personnalisation du projet de soin, l'élaboration d'objectifs, et l'évaluation de l'efficacité thérapeutique. Le projet de soins doit être adapté et personnalisé, c'est-à-dire qu'il est indispensable de tenir compte des facteurs individuels et familiaux (motivation, facteurs psycho-sociaux, comorbidités...). Il est également recommandé d'élaborer des objectifs de soins portant les activités prioritaires à travailler (performance et participation), en tenant compte de l'avis de l'enfant et sa famille (Blank et al., 2012). Des outils comme le "Canadian Occupational Performance Measure" (McColl et al., 2005) ou le "Goal Attainment Scaling" (Kiresuk & al., 1994) peuvent aider à l'établissement des objectifs. Une procédure d'évaluation de l'efficacité du traitement doit également être mise en place. Les sources d'évaluation sont l'examen clinique, l'interrogatoire des parents et des enseignants (ou assistantes maternelles), les questionnaires, et le point de vue de l'enfant. La MABC peut être utilisée comme outils de mesure de l'efficacité du traitement, mais les passations doivent être espacées d'au moins trois mois (Van Waelvelde & Smits Engelsman, 2007).

Du point de vue de la **prise en charge médicamenteuse** du TAC, la conférence de consensus organisée par l'European Academy for Childhood Disability (EACD) en 2012 a émis la recommandation suivante (Blank, & al, 2012) : le méthylphénidate est recommandé en cas de Trouble du Déficit de l'Attention avec Hyperactivité (TDAH) comorbide. Dans leur étude randomisée et contrôlée contre placebo chez 117 enfants avec TAC, Richardson & Montgomery (2005) ont bien retrouvé une efficacité de la supplémentation en omega 3 et omega 6-acides gras sur les performance pour lire, épeler et sur d'autres comportements, mais

il n'ont pas démontré d'efficacité sur leurs fonctions motrices. Ainsi, les acides gras comme la vitamine E, ne sont pas recommandées par l'EACD (Blank et al., 2012).

Il existe trois types d'interventions à mettre en place pour les individus avec TAC : la **rééducation**, les **compensations**, et la **guidance des aidants**. Les psychomotriciens et les ergothérapeutes ont un rôle clé dans la mise en place de ces interventions.

## REEDUCATION

La rééducation peut s'effectuer en thérapie individuelle ou de groupe. Il existe **deux types d'interventions rééducatives** sur la motricité (voir Zwicker & al, 2012, pour une revue de la littérature), les interventions orientées sur le déficit, et les interventions orientées sur la performance. Ces différentes approches sont dérivées des théories sur la motricité, dominantes à l'époque où elles ont été développées. Le modèle le plus ancien est le modèle hiérarchique, avec dans l'ordre "sense-think-act", il a inspiré les stratégies centrées sur le déficit. Plus récemment, ont été avancées des théories plus dynamiques, complexes, sur l'influence de l'environnement et des tâches sur le développement de l'individu, entraînant l'essor des interventions orientées sur la tâche (Blank et al., 2012).

**Les interventions orientées sur le déficit** (ou stratégie bottom-up) comprennent les thérapies d'intégration sensorielle (SIT ou Sensory Integration Therapy), les traitements orientés sur le sensori-moteur (PMT ou Perceptual Motor Therapy), et les traitements orientés sur les processus altérés. Selon ces approches, effectuer une remédiation sur le processus altéré permet d'améliorer les performances motrices (ex : travailler la perception fine tactile pour améliorer les praxies de boutonage). Les résultats de ces interventions basées sur le déficit ne semblent pas concluants. Si l'examen clinique révèle des troubles musculo-squelettiques (troubles des articulations cervicales, sacro-iliaques) associés au TAC, une rééducation en kinésithérapie est alors indiquée (Blank et al., 2012).

**Les interventions orientées sur la tâche** (ou top-down, ou "orientées sur les performances") sont la méthode CO-OP (Cognitive Orientation to Daily Occupational Performance, Polatajko, & al 2001), les interventions ciblées sur la tâche, l'entraînement aux tâches neuro-motrices (NTT), l'entraînement à l'imagerie mentale motrice, et les interventions écologiques.

La **méthode CO-OP** (Polatajko, & al 2001) nous a particulièrement intéressés. Recommandées par l'EACD pour la prise-en-charge du TAC, cette méthode a été développée par Helene Polatajko et Angela Mandich au Canada depuis la fin des années 1990. Elle vise

l'acquisition des habiletés motrices dont l'enfant a besoin ou qu'il souhaite travailler. Par exemple, les acquisitions visées peuvent être de lacer ses chaussures, se coiffer, utiliser des couverts... Les stratégies utilisées sont inspirées des techniques de résolution de problème et des techniques d'auto-instructions verbales de [Meichenbaum \(1977\)](#). On retrouve deux répertoires de stratégies, la stratégie globale et les stratégies spécifiques. La **stratégie globale** est une technique de résolution de problème en quatre étapes, qui sont (1) Goal, déterminer l'objectif ; (2) Plan, choisir les étapes à suivre ; (3) Do, exécuter le plan et s'y tenir ; (4) Check, évaluer l'efficacité de la stratégie en regard de l'objectif. Des **stratégies spécifiques** à la tâche vont être ajoutées à la stratégie globale en fonction des tâches. Celles-ci sont au nombre de sept, avec (1) la position du corps ; (2) le script verbal ; (3) l'auto-guidance verbale ; (4) la mnémonique motrice ; (5) le ressenti du mouvement ; (6) la focalisation sur certains points d'exécution et (7) la modification de la tâche.

## COMPENSATIONS

Des **aides techniques** (règle alourdie, photocopie des textes, ordinateur avec logiciel adapté, dictaphone, dictée vocale, calculette...) peuvent être mises en place ([Chabloz et al., 2011](#)). Un accompagnement de la mise en œuvre des aides à l'école est indispensable (séances d'ergothérapie, PPS..).

Parfois, il est également nécessaire de mettre en place des **aides humaines** également (secrétaire pour prendre des notes, pour manipuler sous la dictée les outils comme en géométrie, AVS). Enfin, un tiers-temps peut être proposé si besoin. La Maison Départementale des Personnes avec Handicap (MDPH) a un rôle clé dans la mise en place de ces aides.

## GUIDANCE DES AIDANTS

Une guidance des **enseignants** doit être proposée. Des conseils d'aménagement pédagogiques généraux ([Le Flem & Gardie, 2011](#)) peuvent être communiqués comme valoriser et encourager l'élève (afin de préserver l'estime de soi), l'installer en face du tableau (pour limiter les difficultés de repérage visuel), ne pas le pénaliser pour la qualité et la vitesse de l'écriture (ne pas exiger le même niveau que pour ses camarades dans ce domaine), privilégier et valoriser les productions et évaluations orales...

Les groupes de **parents** sont souvent l'occasion de partager des expériences, mettre à profit les stratégies du quotidien que chacun aura trouvé. Parfois, il existe des moments de découragement, et un soutien psychothérapeutique peut-être nécessaire ([Lemonnier, 2010](#)). Il

faut veiller à ne pas placer les parents dans une situation où ils auraient le sentiment de ne pas être suffisamment efficaces. Pour reprendre l'expression de Winnicott, il s'agit pour le parent d'être suffisamment bon. Les fratries, la systémique familiale, peuvent être déstabilisées par cet enfant qui est plus aidé par les parents au quotidien, et peuvent également avoir besoin d'une psychothérapie. Des lectures sur le TAC peuvent être recommandées aux familles comme "mon cerveau ne m'écoute pas" (Breton & Léger, 2007).

**Pour conclure, le projet de soin du TAC** doit être personnalisé, avec des objectifs, et des évaluations régulières. Il n'y a pas de traitement médicamenteux dans cette indication, mais il faut penser à traiter les comorbidités (TDAH surtout). La prise en charge est donc psycho-sociale avec la rééducation, les compensations, et la guidance des aidants. Il y a deux types de rééducation : orientée vers le déficit (comme la SIT) ou orientées vers la tâche (comme la CO-OP). Il semble que les résultats des rééducations orientées vers la tâche soient prometteurs. Toutes les stratégies de compensation nécessaires pour réduire l'impact du TAC sont importantes à déployer : aides techniques et aides humaines seront mises en place selon les besoins. Une guidance des aidants doit être proposée aux parents et aux enseignants afin d'aider à la généralisation.



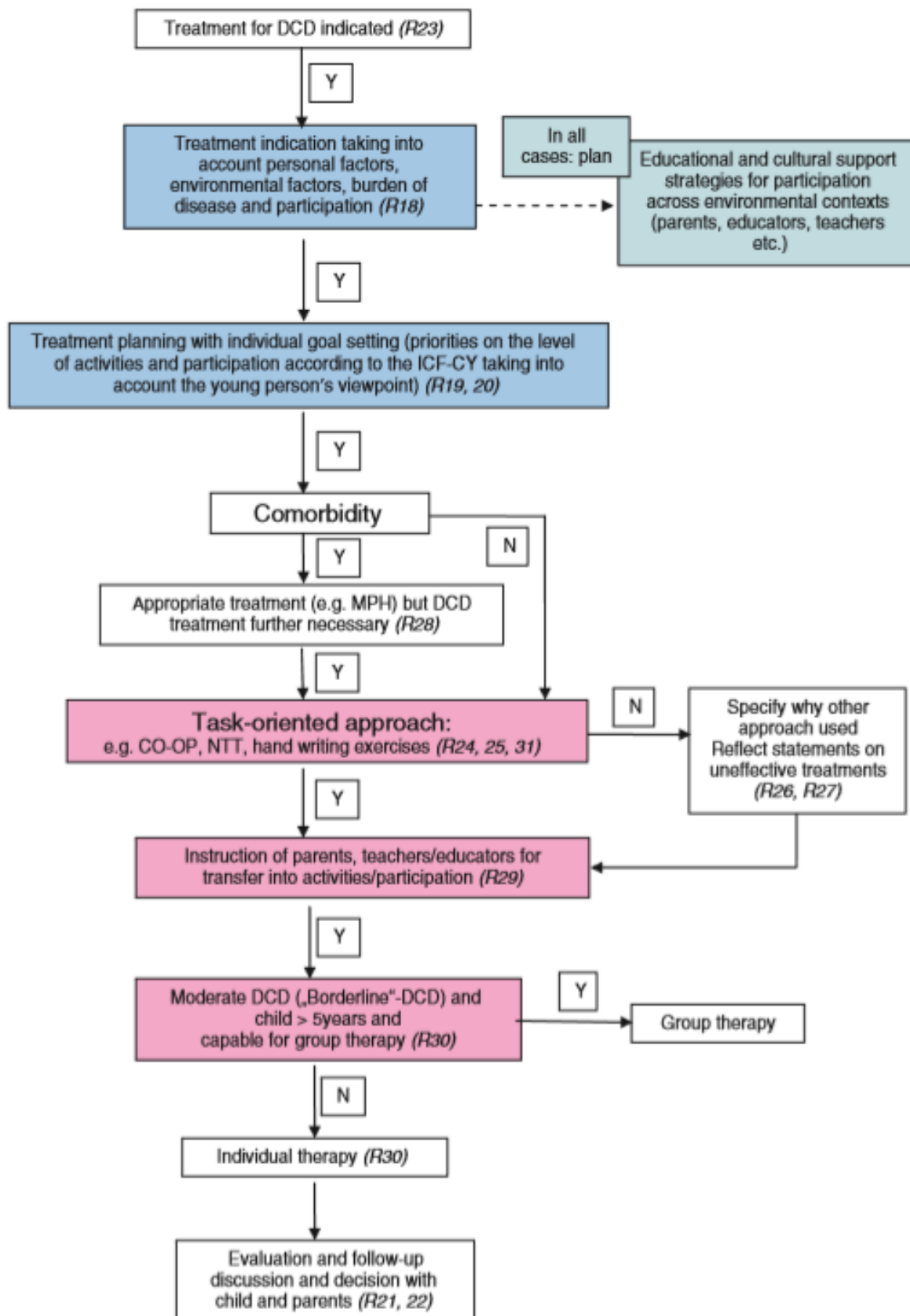


Figure 7 : Recommandation pour la conduite à tenir thérapeutique selon l'EACD (Blank et al., 2012)

## 1.2.2. PRINCIPAUX MODELES COGNITIFS

---

### 1.2.2.1. Motricité normale

---

#### DEVELOPPEMENT MOTEUR NORMAL

Le modèle le plus traditionnel est le modèle **hiérarchique**, de perspective neuro-développementale. L'hypothèse est que le développement moteur se fait à partir d'une structure totale qui s'individualise au fur et à mesure de la différenciation anatomique et de la maturation du système nerveux central. Cette progression se fait dans le sens céphalocaudal pour l'axe du corps, proximodistal pour les membres et dorsoventral pour le tronc. A ces trois lois, il faut ajouter la mise en place progressive d'une prédominance droite/gauche. Les capacités de traitement du sujet s'améliorent avec la maturation neurobiologique. L'hypothèse dominante pour le TAC associée à ce modèle était que le TAC était comme une forme très atténué de paralysie cérébrale. De ces hypothèses ont émergé les **thérapies orientés vers le déficit** (Blank et al., 2012).

Les modèles dynamiques sont plus récents (Thelen, 1994). Ces théories plus complexes sur l'influence de l'environnement et des tâches sur le développement de l'individu ont été développées, issues de la littérature sur l'apprentissage moteur, avec notamment le modèle des systèmes dynamiques. Pour l'approche dynamique, le comportement émerge spontanément, par un phénomène appelé auto-organisation, de l'interaction de sous-systèmes qui agissent en fonction des tâches et qui définissent la dynamique qui régit l'apparition et le changement de comportement. Ces sous-systèmes comprennent, entre autres, l'organisation neuronale, la force musculaire, les aspects biomécaniques, le niveau d'éveil, les processus motivationnels, les caractéristiques de la tâche et de l'environnement dans lequel elle se déroule. Les patrons de comportement ne sont pas représentés, au préalable, dans le cerveau pas plus qu'ils ne sont la simple résultante de la maturation du système nerveux central. L'hypothèse est alors que l'intégrité du fonctionnement des groupes de neurones dépend des informations afférentes, qui sont produites par le mouvement et l'expérience. De ces hypothèses ont émergé les **thérapies du TAC orientées vers la tâche** (Blank et al., 2012).

## REALISATION D'UN MOUVEMENT

Classiquement, le contrôle moteur est vu de façon **hiérarchisé et séquentiel** (planification du mouvement par les zones "hautes" et exécution du mouvement par les centres "bas") en trois niveaux, (1) et (2) pour la planification-programmation du mouvement par les zones "hautes" et (3) pour l'exécution du mouvement par les centres "bas".

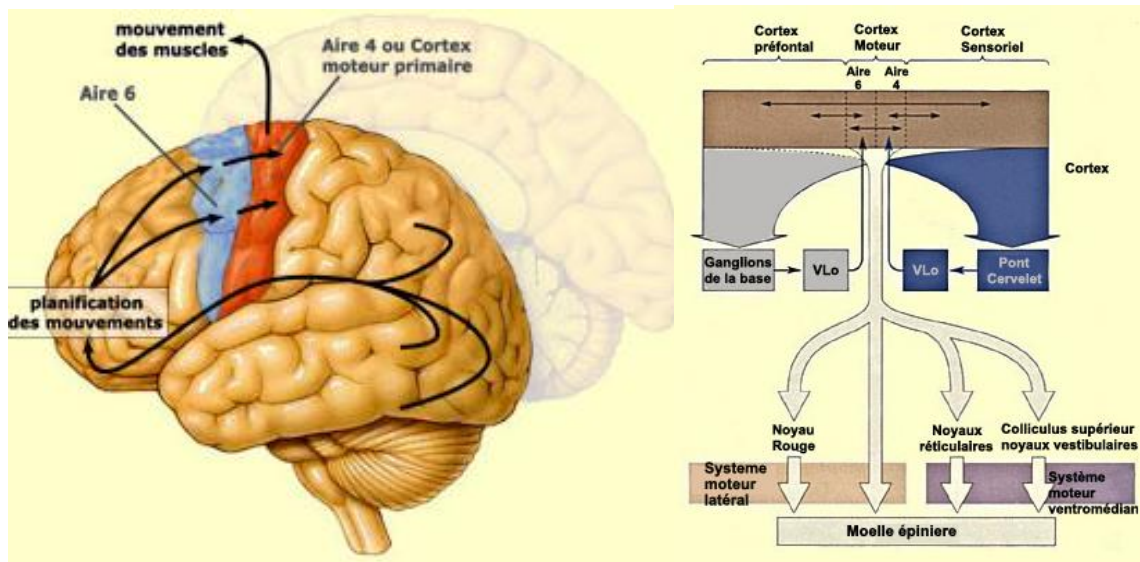


Figure 8 La séquence d'activation des aires motrices selon le modèle "hiérarchique" d'après <http://lecerveau.mcgill.ca/>

(1) Le premier temps est la définition des stratégies motrices (les objectifs du mouvement), et est réalisé par le cortex préfrontal, qui reçoit lui-même les informations sur la position du corps par le traitement de l'information visuelle, auditive, somatique et proprioceptive. Il échange également des informations avec les ganglions de la base.

(2) Le deuxième temps est constitué par la définition de la séquence précise de contraction des différents muscles, par les aires motrices secondaires (APM et AMS, aire 6), travaillant avec le cervelet.

(3) Le troisième temps est constitué par la production de la contraction de tous les muscles nécessaires (exécution) par le cortex moteur primaire (aire 6), qui transmet les informations aux motoneurones et aux interneurones spinaux, qui génèrent le mouvement en tant que tels, ainsi que les ajustements posturaux qui l'accompagnent.

Une autre façon de diviser cet enchaînement était le modèle "sense-think-act", qui a été remis en question, notamment par Esther Thelen (Smith, 2006). Nous avons également présenté le modèle de l'organisation de l'action de Vaivre Douret (2007) dans la figure ci-dessous.

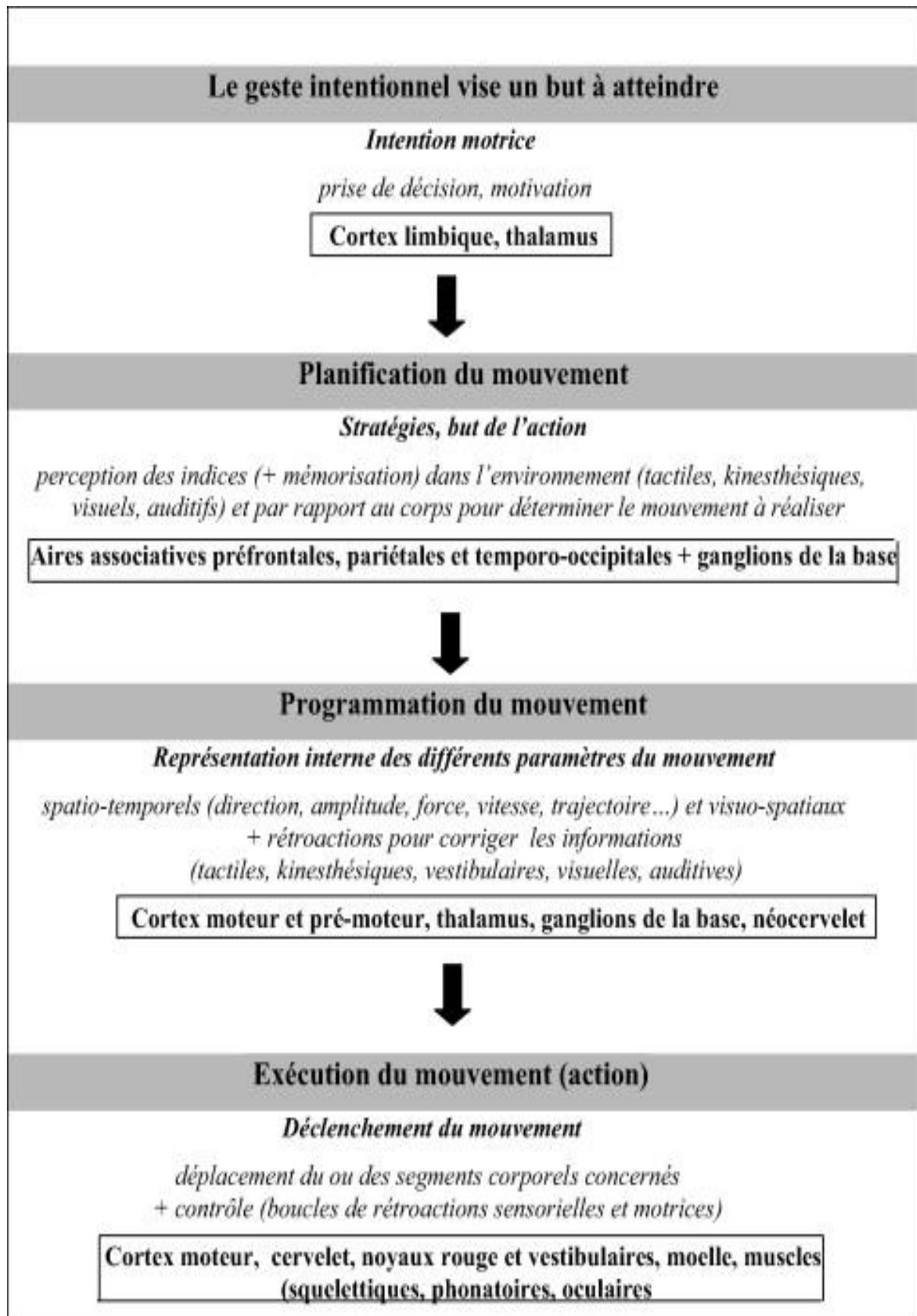


Figure 9 : Modèle de l'organisation de l'action de Vaivre Douret (2007)

Des **modèles computationnels** basés sur les études du système moteur des adultes au développement typique ont été développés ces dernières années pour les mouvements volontaires. Le modèle de [Wolpert et Gharamani, \(2000\)](#), cf figure, a particulièrement attiré notre attention car il été utilisé comme modèle référentiel d'une revue de la littérature sur la motricité dans l'autisme ([Gowen & Hamilton, 2013](#)), cf partie 1.2.

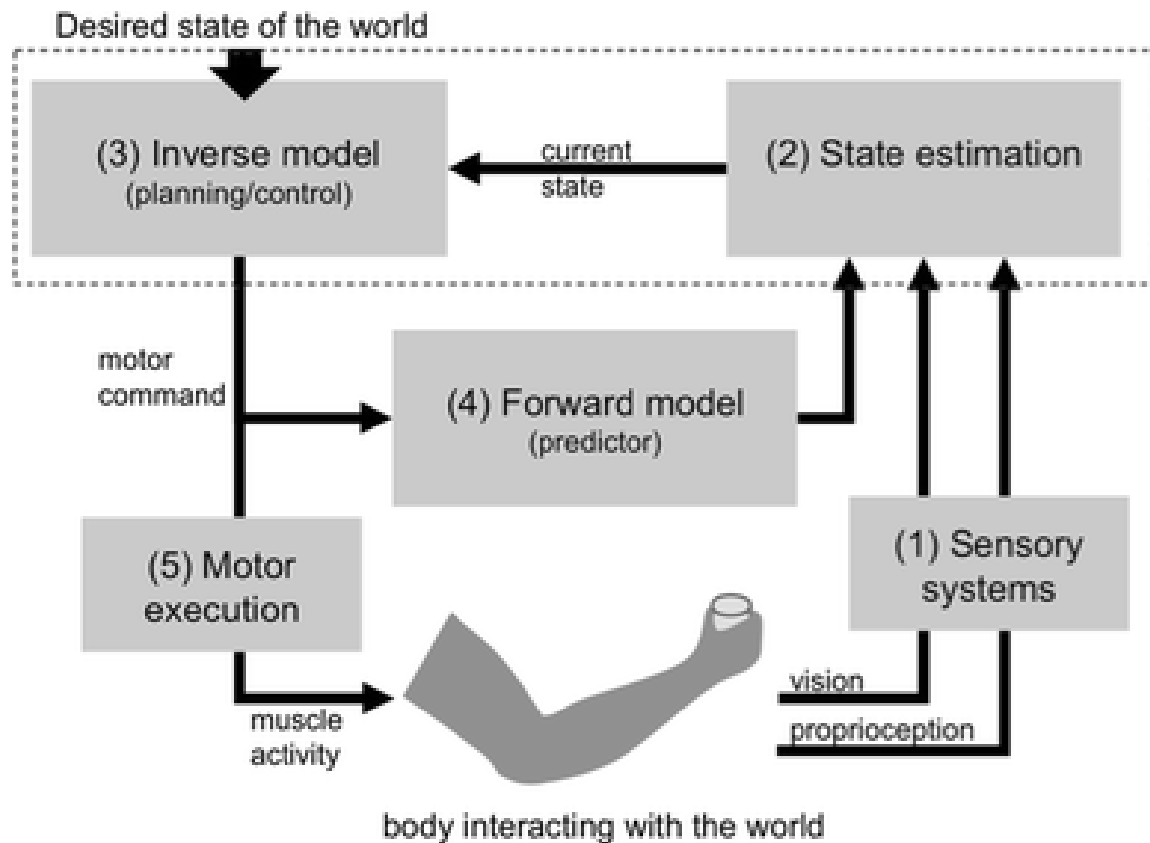


Figure 10 : Processus computationnels impliqués dans le contrôle moteur  
(Gowen 2013, d'après Wolpert et Gharamani 2000)

Ce modèle permet de décomposer les différents processus du mouvement :

- (1) Systèmes sensoriels : les afférences sensorielles du système visuel et du système proprioceptif apportent les informations sur l'environnement et soi (tasse, main...).
- (2) Estimation de l'état : ces différentes afférences sensorielles sont intégrées en une estimation unifiée de l'état de la situation.
- (3) Modèle inverse (planification et contrôle) : le système inverse utilise l'estimation de l'état, pour planifier le mouvement permettant d'obtenir l'état désiré. On parle de système inverse car il convertit donc un but en une séquence de commandes motrices (plan moteur).
- (5) Exécution motrice : cette séquence motrice peut alors être exécutée par le corps (efférence motrice => activité musculaire).
- (4) Modèle prédictif (forward) : une copie de la commande (ou efférence) motrice est effectuée afin de prédire l'afférence sensorielle attendue. Ainsi, tout au long du mouvement,

les afférences sensorielles actuelles sont comparées aux afférences sensorielles attendues, afin de détecter et corriger rapidement les erreurs.

Deux autres fonctions ne sont pas illustrées dans la figure :

(6) L'apprentissage moteur : le terme apprentissage moteur couvre tous les changements adaptatifs de tous les composants du circuit moteur (2, 3, 4 surtout), et les apprentissages plus abstraits de l'utilisation des outils et du séquençage des actions.

(7) Les systèmes forward et inverse de "haut niveau" : on retrouve l'organisation hiérarchique décrite précédemment en introduisant ce septième composant, permettant d'organiser le séquençage de l'action à différents niveaux, du plus haut au plus bas niveau. Par exemple, l'objectif "préparer un œuf au plat» sera réalisé grâce aux systèmes forward et inverse de différents niveaux, en définissant des objectifs intermédiaires (allumer la plaque, verser l'huile dans la poêle, casser l'œuf dedans...), chaque objectif sera divisé en une séquence d'étapes motrices (prendre l'œuf, le casser, le vider...), puis chaque séquence d'action motrice sera décomposée en une séquence de mouvements (fermer les doigts, lever la main...) (Gowen & Hamilton, 2013).

## DIFFERENTS TYPES DE MOUVEMENTS

Traditionnellement, les mouvements sont classés en trois niveaux, réflexe (R), automatique (A) et volontaire (V), selon l'importance de la demande cognitive du comportement et les zones cérébrales présumées impliquées dans le mouvement (cf figure).

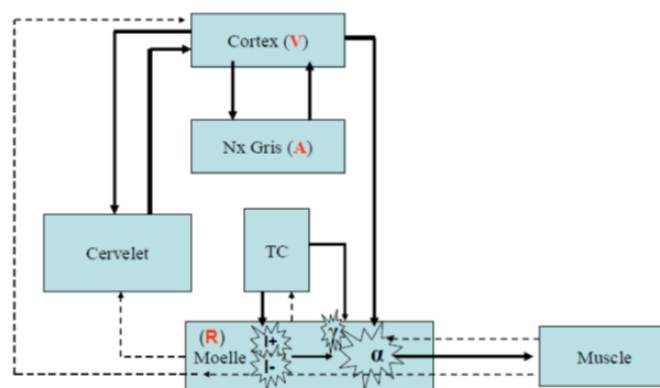


Figure 11: Ancienne classification des mouvements en (R) Réflexe, (A) Automatique et (V) Volontaire (Massé 2013)

Cependant, la classification des mouvements dans un continuum allant de réponses sensori-motrices purement réflexes aux mouvements volontaires, en passant par les mouvements automatiques est un acte délicat (Guillaud, 2006). En effet, les mouvements les plus simples comme les réflexes myotatiques peuvent être modulés par un stimulus théoriquement externe à la boucle réflexe (Wolpaw et al., 1983). A l'opposé, une tâche

considérée comme volontaire, attraper un objet par exemple, peut être initiée involontairement (Libet et al., 1983) et implique de nombreuses boucles réflexes. Egalement, la plupart des mouvements de notre vie quotidienne sont réalisés avec pas ou peu d'attention consciente. Ces mouvements ne sont donc pas strictement volontaires, mais ils sont cependant très largement modulables de façon intentionnelle. La grande majorité, sinon la totalité des actes moteurs produits appartiendrait donc, par défaut, à une catégorie d'entre-deux, mal définie.

Afin de situer notre travail (pour l'étude présentée en partie 2), nous définirons néanmoins deux niveaux de motricité selon l'importance des ressources cognitives nécessaires, que nous intitulerons de la façon suivante : mouvements de "bas niveau" et mouvements de "haut niveau".

(1) **Bas niveau** : nous regrouperons dans ce type de mouvement, les comportements nécessitant peu de ressources cognitives, c'est-à-dire les mouvements anciennement appelés "réflexes" et "automatiques". Pour les mouvements de type "réflexe", le contrôle est principalement spinal ; les mouvements sont involontaires ; par exemple, une tâche où la motricité réflexe est particulièrement testée est la station debout immobile. Pour les mouvements de type "automatiques", le contrôle est spino-central ; ces mouvements nécessitent peu de ressources cognitives, mais ils sont déclenchés volontairement et sont adaptables en fonction des circonstances ; un exemple de tâche impliquant la motricité automatique de façon importante est la marche.

(2) **Haut niveau** : le contrôle est principalement central ; les mouvements sont volontaires, avec une grande demande cognitive et attentionnelle. On peut citer comme exemple de tâche de motricité volontaire l'interception de balle et le pointage. On peut ainsi résumer la position de nos deux niveaux de motricité sur cette figure.

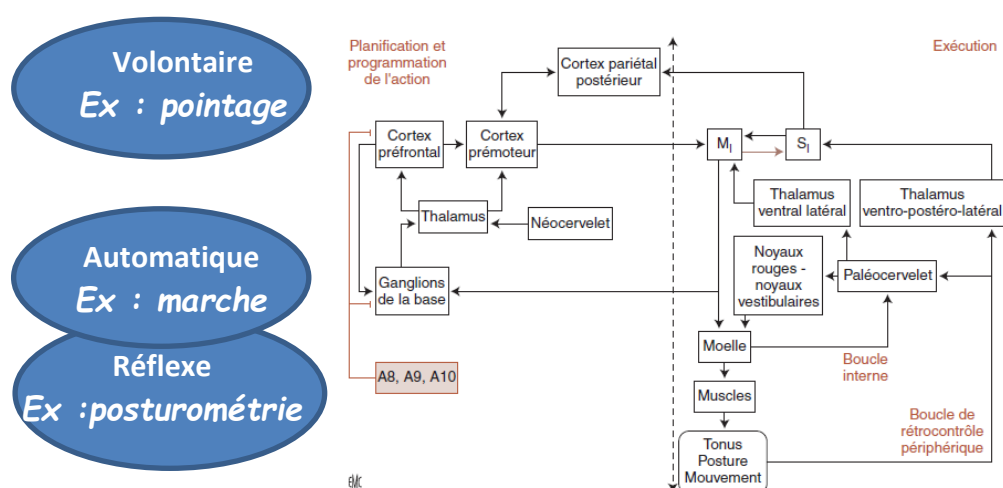


Figure 12: Schéma récapitulatif des différents niveaux de motricité (d'après Bioulac et al., 2005)



Nous nous sommes particulièrement intéressés à quatre tâches représentatives de ces différents niveaux : la station debout (contrôle postural), la marche, le pointage et l'interception. Un autre type de tâche demandant une intégration cognitivo-motrice importante a retenu notre attention : les tâches duelles cognitivo-motrices.

#### *Motricité de "bas niveau"*

Le **contrôle postural** pendant la station debout consiste à limiter le chancellement, c'est-à-dire les mouvements du centre de gravité (COP, Center Of Pressure). Les trois principaux systèmes régulateurs du contrôle postural sont le système somato-sensoriel, le système visuel et le système vestibulaire. Au niveau développemental, on retrouve une baisse du chancellement avec l'âge (Nolan et al., 2005). L'acquisition des stratégies adultes de contrôle de la posture est autour de 14 ans selon la plupart des études (Nolan et al., 2005). L'acquisition de la stabilité serait plus précoce chez les filles, mais il y a une disparition de la différence entre les sexes après l'âge de 10 ans (Chiari et al., 2000).

La **locomotion** consiste à quitter un état stable (double-appui) pour un état instable (lever du pied). Il faut donc garder le bon rythme pendant tout le mouvement et dans tous les mouvements (des pieds à la tête, en passant par le tronc). Plusieurs types de mouvements entrent en jeu : le contrôle de l'équilibre (proprioception, vestibule et vision) et la synchronisation rythmique de l'ensemble des mouvements. Ici encore plusieurs paramètres sont intégrés dans l'étude de la marche : l'exécution du mouvement (étudiée avec les paramètres cinématiques de la marche) mais aussi la planification du mouvement dirigé vers un but (étude de la trajectoire). Pour la marche, comme pour la mastication, certains auteurs parlent de "mouvement automatique", dans le sens où la demande attentionnelle et cognitive est faible pour les sujets sains. Les mouvements sont stéréotypés, innés et caractéristiques de l'espèce. La demande cognitive pour effectuer une tâche de marche simple augmente avec l'âge, et dans le cas de pathologies de la motricité comme le Trouble de l'Acquisition de la Coordination (Wilson et al., 2013).

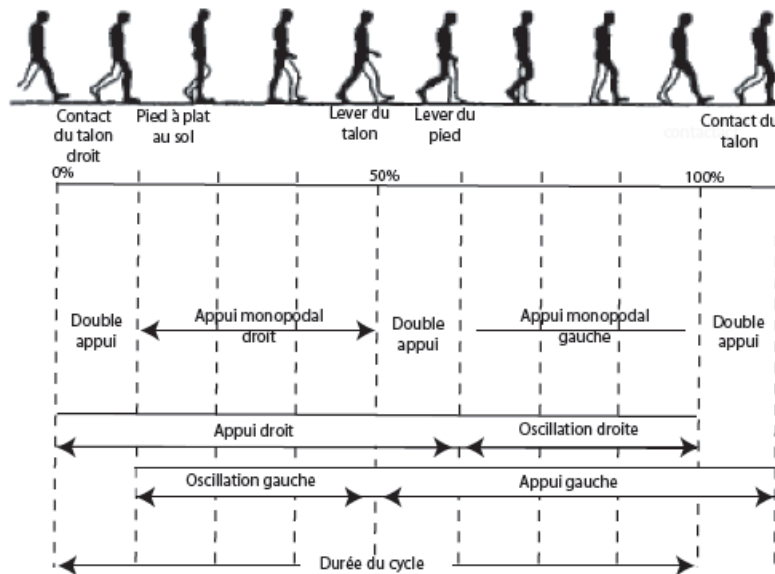


Figure 13: Cycle de marche chez l'homme (d'après d'Angeli-Chevassut 1999)

### *Motricité de "haut-niveau"*

Les principaux mécanismes impliqués dans la réponse motrice des **tâches de pointage et d'interception** sont la vision, la proprioception et la kinesthésie, le toucher et la motricité. Deux temps se succèdent dans le pointage, le temps de réaction (TR) et le temps de mouvement (TM). Classiquement, le TR correspond à la phase de planification et de programmation de l'action (attente, identification de la cible, codage et programmation du mouvement). Le TM correspond à la phase d'exécution (exécution, contrôle et fin du mouvement). Ce sont des tâches classiques de mouvement dirigé vers un but, sensible à l'apprentissage. La demande cognitive pour ces tâches est donc plus importante que pour les tâches de posture et de marche simple. Du point de vue développemental, il y a une augmentation de la vitesse de pointage avec l'âge. Le contrôle visuel est acquis à 7 ans, il devient alors prédominant. L'intégration des deux systèmes principaux (visuel et proprioceptif) se fait entre 9 et 11 ans, ce qui permet à l'enfant d'obtenir une stratégie optimale vers l'âge de 11 ans (Hay, 1981).

### *La particularité des tâches duelles*

La tâche **duelle marche-calcul** est souvent considérée comme une distraction cognitive qui impacte sur le contrôle moteur par la diversion des ressources attentionnelles (Kang 2010). Plus récemment, on parle également d'un effet direct de la tâche cognitive sur le motoneurone (Bensoussan et al., 2012). Le contrôle moteur est détérioré par une tâche cognitive simultanée chez les personnes âgées (Bensoussan et al., 2012) et chez les patients

avec un trouble moteur dont le TAC (Wilson et al., 2012). L'hypothèse est celle d'une baisse de l'automatisation des mouvements (Blank et al., 2012).

#### *1.2.2.2. Principaux modèles cognitifs dans le TAC*

---

Nous nous sommes particulièrement intéressés aux revues de la littérature suivantes pour réaliser ce chapitre : Blank et al., 2012 et Peters et al., 2013. Nous proposons dans ce travail de présenter les différentes hypothèses selon le modèle de Wolpert et Ghahramani, 2000.

#### TROUBLE DES SYSTEMES SENSORIELS

Une hypothèse fréquente est celle d'un **dysfonctionnement visuo-spatial**. Il semble que les personnes avec TAC présentent un déficit des processus spatiaux globaux (O'Brien et al., 2002). La relation entre perception et action est également altérée par des difficultés d'évaluation spatiale de son propre corps (particulièrement la position des membres) d'après Mon-Williams et al., 1999, cité dans Blank et al., 2012. Beaucoup d'études considèrent le **dysfonctionnement proprioceptif**, particulièrement le traitement de l'information kinesthésique, comme crucial dans le TAC (van Dellen et Geuze, 1988, Smyth et Mason, 1998, cités dans Blank et al., 2012).

#### TROUBLE DE L'ESTIMATION DE L'ETAT

Un **trouble de l'intégration multi-sensorielle** est également suspecté. Volman et Geuze, 1998, considèrent que le couplage des différentes informations afférentes (visuelles, proprioceptives...) est déficient, ce qui explique la difficulté à maintenir une stabilité posturale pendant l'action (Blank et al., 2012).

#### TROUBLES DES SYTEMES INVERSE ET FORWARD

Pris ensemble, les résultats des cinq dernières années suggèrent que les enfants avec TAC présentent des problèmes sous-jacents avec la **translation visuo-motrice** (ou système inverse) pour les mouvements dirigés dans et en dehors de l'espace péri-personnel et le contrôle postural. De plus, on retrouve des **altérations du contrôle prédictif** (appelé modèle prédictif ou "forward") qui impactent la capacité à ajuster le mouvement en fonction des contraintes en temps réel (Blank et al., 2012).

#### TROUBLES DE L'EXECUTION MOTRICE

Beaucoup d'auteurs considèrent le TAC comme une **immaturité du développement moteur**. On retrouve des mouvements immatures chez les enfants avec TAC, mettant en évidence les aspects développementaux. Ainsi, les temps de mouvement sont plus longs, comme chez les jeunes enfants (Mon-Williams, cité par Blank et al., 2012), et dans les tâches

d'écriture, la préhension du stylo est immature, avec un ralentissement du mouvement et un contrôle distal pauvre. De même, d'autres auteurs explorent la piste du trouble de la spécialisation hémisphérique entraînant des troubles du développement moteur intégrés dans un ensemble complexe de symptômes. Ce trouble de la spécialisation hémisphérique serait le fait d'anomalies de développement des systèmes de communication transversaux du cerveau, avec atteintes des fonctions verbales puis non verbales ([Lemonnier, 2010](#)).

Ainsi, des altérations semblent être retrouvées pour chaque étape de la réalisation du mouvement selon le modèle de [Wolpert & Ghahramani, 2000](#). On ne retrouve pas de consensus sur les dysfonctionnements à l'origine du TAC ([Blank et al., 2012](#), [Peters et al., 2013](#)). Des altérations neuro-développementales des réseaux visuo-moteurs (perception visuo-motrice et imagerie mentale spatiale) sont suspectées, entraînant une baisse des ajustements moteurs rapides lorsque la complexité des mouvements augmentent. Certains auteurs ont proposé l'hypothèse d'un dysfonctionnement cérébelleux, mais la base neurale du TAC demeure peu claire ([APA, 2013](#)).

**Pour conclure, le TAC** est un trouble spécifique du développement moteur, touchant 5 à 6 % des enfants (Wilson & al., 2013), principalement des garçons, défini par une baisse des compétences en coordination motrice débutant dans la petite enfance, interférant de façon significative et persistante avec les activités de la vie courante et la réussite académique/scolaire, sans autre cause médicale retrouvée (APA, 2013). Trois domaines peuvent être touchés, de façon isolée ou combinée, la motricité globale, la motricité fine, et/ou la grapho-motricité (Blank et al., 2012). Il n'existe pas de consensus sur le mécanisme des dysfonctionnements (Peters et al., 2013).

Le bilan du TAC est multidisciplinaire et l'évaluation se déroule en deux temps, le bilan médical et psychométrique, et le bilan moteur standardisé.

(1) Si un enfant présente des problèmes moteurs et une baisse des performances motrices depuis la petite enfance, un bilan médical et développemental est indiqué. Un bilan psychométrique et des examens complémentaires seront réalisés sur points d'appel (Blank et al., 2012). Il est important d'exclure les diagnostics différentiels principaux : trouble neurologique, trouble de la vision, et déficit intellectuel (APA, 2013). Le TDAH, les TSA sont à la fois des diagnostics différentiels et des comorbidités potentiels. Ce bilan doit également faire le point sur l'impact fonctionnel.

(2) Il est indispensable d'utiliser un test moteur standardisé, validé, fiable et approprié pour faire le diagnostic de TAC. Le bilan minimum comprend une MABC (Henderson & al, 1992) et un BHK (Hamstra-Bletz et al., 1987). La MABC est à notre connaissance le seul test global recommandé par l'EACD (Blank et al., 2012) qui soit actuellement traduit en français. Si l'enfant présente des difficultés sévères dans un domaine et non dans les autres (motricité fine ou globale ou graphomotricité), on parlera alors de TAC "spécifique du domaine altéré". Si l'enfant a moins de 5 ans, le score seuil est le 5<sup>ème</sup> centile et il faut refaire le test à 3 mois (Blank et al., 2012).

Le projet de soin pour le TAC doit être personnalisé, avec des objectifs, et des évaluations régulières. Il n'y a pas de traitement médicamenteux dans cette indication, mais il faut penser à traiter les comorbidités (TDAH surtout). La prise en charge est donc surtout psycho-sociale avec la rééducation, les compensations, et la guidance des aidants. Il y a deux types de rééducation: orientée vers le déficit (comme la SIT) ou orientée vers la tâche (comme la CO-OP). Il semble que les résultats des rééducations orientées vers la tâche soient prometteurs. Toutes les stratégies de compensation nécessaires pour réduire l'impact du TAC sont importantes à déployer: aides techniques et aides humaines seront mises en place selon les besoins. Une guidance des aidants doit être proposée aux parents et aux enseignants afin d'aider à la généralisation (Blank et al., 2012).

### 1.3. DISCUSSION DE LA COMORBIDITE TSA ET TAC

---

Six **revues de la littérature** sur la baisse des performances motrices dans les TSA ont attiré particulièrement notre attention. D'après la méta-analyse de 83 études réalisée par [Fournier \(2010\)](#), les compétences motrices des personnes avec TSA sont à -1,20 déviations standards de celles des neuro-typiques, pour la posture, la marche, la coordination et le mouvement des bras. Cinq autres revues de la littérature ont été réalisées sur la baisse des performances motrices chez les personnes avec TSA. Fournier ayant inclut dans ses études des travaux sur les aspects sensori-moteurs, qui ne font pas partie des critères de TAC, [Miyahara \(2013\)](#) a repris ces données, et en regardant précisément les études sur les symptômes de TAC (5 études), et retrouve un plus large effet encore. Selon cette méta-analyse, les performances motrices des personnes avec TSA sont à -2,91 déviations standards des performances de la population typique. [Gowen et Hamilton \(2013\)](#) apportent un regard computationnel sur la motricité dans l'autisme, en s'inspirant du modèle de [Wolpert \(2000\)](#). Enfin, trois autres revues de la littérature ([Williams, 2004](#) ; [Emck, 2009](#) ; [Downey, 2012](#)) sont consacrées à la motricité dans l'autisme et s'intéressent plus particulièrement à ses aspects les plus cognitifs (dyspraxie, imitation...).

Nous avons donc souhaité faire tout d'abord un point sur les éléments en faveur de la mise place d'un diagnostic de TAC comorbide aux TSA. Puis nous nous sommes intéressés aux hypothèses et aux éléments en défaveur de cette décision. Enfin, nous avons élaboré une synthèse de cette discussion, en discutant notamment les enjeux en termes d'évaluation et d'intervention thérapeutique.

#### 1.3.1. ELEMENTS EN FAVEUR D'UNE COMORBIDITE TSA ET TAC

---

A l'heure actuelle, de nombreux auteurs retrouvent des **similitudes des caractéristiques motrices** présentées par certains enfants avec TSA avec celles des enfants avec TAC, notamment au niveau difficultés de représentation spatiale de soi ([Steinman, Mostofsky, & Denckla, 2010](#)) et des difficultés d'intégration sensori-motrice ([Piek & Dyck, 2004](#)). De même, [Lemonnier \(2010\)](#) est frappé par le fait que les différentes structures mises en cause dans le TAC sont également mises en cause dans le TSA, que ce soit le corps calleux, le lobe pariétal, le cervelet et le striatum. Ceci a entraîné la proposition d'une comorbidité TAC à

rechercher et prendre en charge chez les personnes avec TSA dans le DSM5 (APA, 2013). Dans ce premier chapitre, nous discuterons les éléments qui nous semblent en accord avec cette décision.

Du point de vue **sémiologique**, comme nous l'avons vu dans les parties 1.1. et 1.2., la baisse des performances motrices est similaire entre certains enfants TSA et les enfants avec TAC, avec une baisse des performances pour les mouvements les plus volontaires mais également pour la posture,

la locomotion (Green et al., 2002) et les tâches duelles (Nayate et al., 2012). Néanmoins, certains individus avec TSA ne présentent pas de baisse des performances motrices (Dewey et al., 2007). Comme ces individus sont inclus dans la plupart des études de la sémiologie motrice dans les TSA nous pensons que les difficultés motrices des individus TSA-TAC sont probablement sous-estimées. Il est tout de même important de noter que l'évolution des troubles moteurs dans les TSA est plus sévère (Noterdaeme et al., 2002 ; Pan & al., 2009) et plus stables (Van Waelvede et al., 2010) que dans les autres troubles neurodéveloppementaux (TDAH ou TSLO). Ceci nous permet d'insister sur l'importance d'une évaluation et d'une prise-en-charge ciblée sur le TAC dans les TSA. En conclusion, les symptômes moteurs classiques du TAC (posture, locomotion, mouvements volontaire et tâche duelle) semblent être retrouvés chez certaines personnes avec TSA.

A l'heure actuelle, on estime la **prévalence du TAC dans les TSA** entre 34 et 79% (Matson et al., 2011). Malheureusement, à notre connaissance, aucune étude de prévalence du TAC dans les TSA n'a été réalisée sur de grands échantillons. De plus, il existe une difficulté de définition du TAC dans les études chez les enfants avec TSA. Par exemple, Ming et al. (2007) dans leur

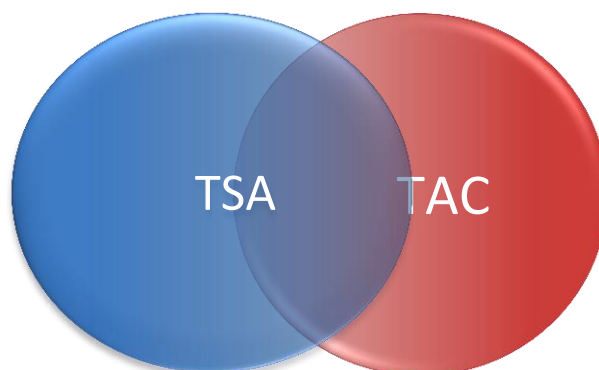


Figure 14 : Comorbidité TSA et TAC

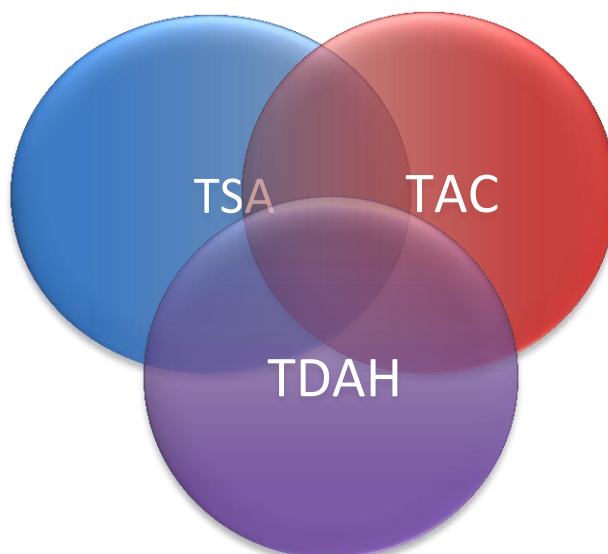


Figure 15 : Comorbidité TSA, TDAH et TAC



étude intitulée "Prévalence des difficultés motrices dans les TSA" n'utilisent aucun test validé pour l'évaluation des performances motrices mais seulement un entretien rétrospectif. Ils retrouvent une hypotonie chez 51% des 154 enfants avec TSA de leur étude, ainsi que 34% de dyspraxie. Néanmoins, on retrouve des auteurs qui ont utilisé dans le TSA les batteries de test recommandées pour le diagnostic de TAC. A la MABC, 55% des personnes avec TSA remplissent les critères de TAC (-2 DS) dans l'étude sur 108 sujets de [Perrin, Laranjeira, et al. \(2013\)](#), 79% dans l'étude sur 101 sujets de [Green et al. \(2009\)](#), et 85% dans l'étude sur 26 sujets de [Miyahara et al \(1997\)](#). Alors que [Dewey et al \(2007\)](#) montrent que 41% des enfants avec TSA ne présentent pas de TAC à la BOT (short form), [Ghaziuddin et al. \(1994\)](#) retrouvent une prévalence du TAC à 91% selon les critères de la BOT, mais ils utilisent la BOT pour des âges au-delà des normes. A noter, la co-occurrence des différents troubles neurodéveloppementaux TSA, TDAH et TAC est fréquente. Par exemple, une étude d'individus avec TDAH et TAC montre qu'ils ont plus de traits autistiques à la SRS ([Reiersen et al., 2008](#)). Pour conclure, la baisse des performances motrices est fréquente dans les TSA mais n'est pas universelle ([Emck et al., 2009](#)), ce qui est en faveur d'une comorbidité. A l'heure actuelle, la prévalence est mal évaluée (environ 60% probablement), en raison de l'utilisation de critères de TAC non validés, de l'utilisation des outils à des âges qui ne sont pas standardisés, et du faible nombre d'individus dans les échantillons.

Nous pensons également que le diagnostic dual TSA-TAC représente un **intérêt pronostique** important. Le co-diagnostic du TAC au TSA peut permettre d'aider à prédire l'évolution et la sévérité du handicap fonctionnel, avec donc des interventions ciblées à mettre en place en amont pour limiter ces complications. Ceci est vrai pour les tout-petits, puisque selon l'étude de [Bhat et al. \(2012\)](#), 70% des bébés à haut-risque de TSA qui ont présenté un retard moteur précoce présenteront un déficit de communication. C'est également un facteur pronostique important par la suite : les troubles moteurs dans les TSA seront persistants, et leur sévérité est corrélée à une augmentation de l'isolement social ([Esposito, 2013](#)). En effet, les problèmes de coordination motrice sont corrélés à une baisse des compétences des activités quotidiennes ([Kopp, Beckung, & Gillberg, 2010](#)). De même, un bon contrôle moteur chez les tout-petits prédit une meilleure évolution du TSA à long terme ([Sutera et al., 2007](#)). De bonnes performances motrices sont également corrélées à une meilleure autonomie ([Jasmin et al., 2009](#)).

Cependant, du point de vue **génétique**, les études sont contradictoires sur la présence ou non d'atteinte motrice dans les fratries des enfants avec TSA. Par exemple, dans une étude de

jumeaux de 67 enfants avec TSA, [Hilton et al. \(2012\)](#) ne retrouvent pas d'atteinte motrice (BOT) dans la fratrie non-autiste d'enfants avec TSA : 83% des enfants avec TSA avaient un score altéré d'au moins une déviation standard au BOT, contre seulement 6% des jumeaux non-TSA. Ils retrouvent néanmoins une concordance des scores moteurs (BOT) pour les homozygotes, et non pour les dizygotes ([Hilton et al., en 2012](#)). Une étude italienne réalisée en 2011 ([Moruzzi et al., 2011](#)) chez 398 paires de jumeaux a montré une corrélation ( $r$ ) phénotypique entre la maladresse (CBCL) et les traits autistiques (CBCL) de 0.43. Les influences génétiques sur ces traits coïncidaient, avec une corrélation génétique de 0,63. Cependant, la méthodologie de cette étude ne permet pas de d'identifier les symptômes de TSA ou TAC de façon fiable, car la CBCL ne permet pas de faire le diagnostic de TAC ou de TSA. Par exemple, ils ne trouvent pas de différences entre les sexes pour les symptômes de TSA dans leur population avec cet outil, alors que le sex ratio H/F dans les TSA est de 4/1. Ceci dit, dans l'ensemble, les résultats des études de jumeaux ([Bhat et al., 2012](#), [Hilton et al., 2012](#), [Moruzzi et al., 2011](#)) semblent en faveur de facteurs génétiques communs pour le TAC et les TSA, avec de probables mécanismes multi génétiques complexes (niveau de concordance élevée mais pénétrance incomplète).

### 1.3.2. ELEMENTS EN DEFAVEUR D'UNE COMORBIDITE TSA ET TAC

#### *Hypothèse de la baisse des performances motrices chez tous les individus avec TSA*

La baisse des performances motrice est-elle un **symptôme noyau** des TSA ?

Depuis les années 90, l'hypothèse de la baisse des performances motrices comme faisant partie du noyau de l'autisme est discutée ([Leary et Hill, 1996](#)). On ne parlerait donc pas de comorbidité, puisque selon cette hypothèse, les troubles moteurs feraient partie du phénotype autistique. [Downey](#), dans sa revue de 2012, fait la description du cercle vicieux entre troubles des interactions sociales et trouble moteur : les comportements sociaux restreints des personnes avec TSA

les empêchent de développer de bonnes compétences motrices, et ce dysfonctionnement moteur entraîne lui-même un appauvrissement de la vie sociale. [Rogers \(1999\)](#) propose aussi l'hypothèse un effet cascade selon lequel « les difficultés motrices depuis la première enfance,

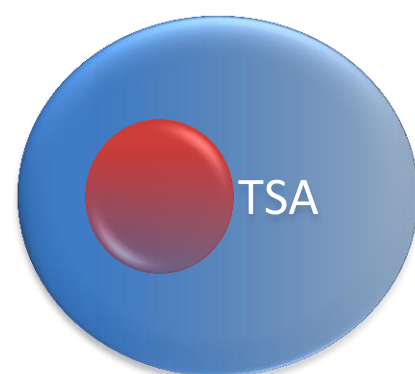


Figure 16 : la baisse des performances motrices comme symptôme noyau du TSA

reflétés en partie par des déficits imitatifs, pourrait bien avoir des effets négatifs significatifs sur le développement communicatif, social et culturel dans l'autisme ».

Ce lien fort entre les troubles moteurs et les symptômes de la triade autistique est également avancé par d'autres auteurs comme Freitag et al.(2007), Dziuk et al. (2007), et Dowell, et al. (2009). On retrouve dans leurs trois articles une corrélation entre sévérité de la dyspraxie (scores au Florida apraxia screening test ou Zurich Neuromotor Assessment) et sévérité des symptômes de TSA. Néanmoins, dans ces études, la sévérité du TSA est mesurée avec le score de l'ADOS (Dziuk et al., 2007 ; Dowell et al., 2009) ou de l'ADI (Freitag et al., 2006), qui sont des outils d'aide au diagnostic et non des outils de mesure de la sévérité de l'autisme. A notre connaissance, une seule étude a recherché et retrouvé une corrélation entre la baisse des performances motrice et la sévérité des symptômes à la SRS (Social Responsiveness Scale de Constantino et Gruber, 2004) (C. Hilton et al., 2007).

Cette hypothèse est également appuyée par le fait que de nombreux auteurs affirment que les anomalies motrices sont également les signes originels de l'autisme (Teitelbaum et al., 1998...), avec l'apparition des anomalies de mouvements de façon très précoce. Néanmoins, d'autres auteurs comme Ozonoff et al. (2008) retrouvent des anomalies de communication non verbale précédant les troubles moteurs. De plus, toutes les personnes avec TSA ne présentent pas une baisse des performances motrices (Emck et al., 2009).

#### *Hypothèse de l'absence de baisse des performances motrice dans les TSA*

Existe-t-il des **biais de confusion** (comme l'absence de motivation, la déficience intellectuelle, les troubles de la planification etc...), qui font apparaître une baisse des performances motrices qui n'existerait pas sans eux ?

Traditionnellement, on rencontrait une image idyllique des capacités motrices des enfants avec TSA chez de nombreux auteurs, comme Rimland (1964), qui admirait leur «grâce et agilité ». Progressivement, devant la présence de difficultés motrices chez une grande partie de cette population, différentes hypothèses se sont succédées et cohabitent encore actuellement (Corraze et al., 2013).

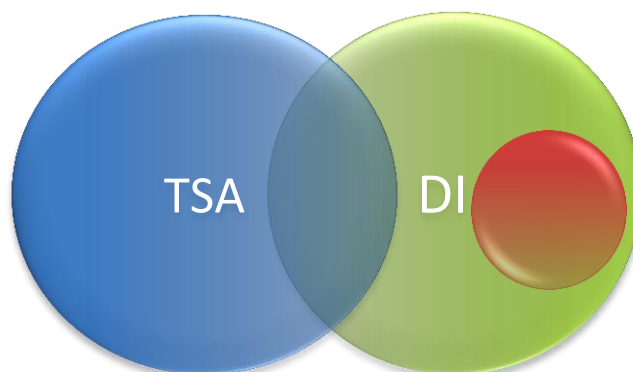


Figure 17 : la déficience intellectuelle comme étiologie de la baisse des performances motrices

Certains auteurs ne reconnaissaient pas la présence de difficultés motrices chez les personnes avec TSA indépendamment du niveau de stimulation et du niveau intellectuel. Ainsi, certains auteurs expliquaient la baisse des compétences motrices chez les personnes avec TSA uniquement par une baisse de stimulation et d'entraînement. [Miyahara et al. \(1997\)](#) faisaient l'hypothèse d'un lien entre les moins bonnes performances en rattrapage de balle des personnes Asperger et leur faible attirance pour les jeux de balle. En effet, la baisse des performances motrices est corrélée à la pratique du sport dans les populations TSA et non TSA. De même, il est prouvé que la déficience intellectuelle aggrave les performances motrices, dans toutes les populations, avec ou sans TSA. Par exemple, [Ghaziuddin & Butler \(1998\)](#) trouvent que les personnes avec autisme sont moins performantes que celle avec syndrome d'Asperger en motricité globale, fine et totale au BOTMP : cette différence disparaît lorsqu'on corrige avec le quotient intellectuel.

**Pour conclure**, la corrélation entre baisse des performances motrices et baisse du quotient intellectuel est tout à fait logique et répliquée ([Jansiewicz et al., 2006](#) ; [Green et al., 2009](#)). Néanmoins, il est à présent reconnu que la baisse des performances motrices, de coordination et d'équilibre n'est pas limitée à l'autisme avec déficience intellectuelle ([Jansiewicz et al., 2006](#)).

#### *Hypothèse d'une dyspraxie et troubles de la posture uniquement*

L'état des lieux de l'[HAS 2010](#) décrit une atteinte exclusive des praxies et de la posture, **sans atteinte de la motricité fine de bas niveau** chez les personnes avec TSA. Selon eux, les enfants avec autisme de haut niveau ou syndrome d'Asperger auraient un déficit pour reproduire les configurations des membres dans des postures (imitation de gestes non

significatifs), pour les conduites motrices complexes impliquant la planification et la séquenciation du mouvement, ainsi qu'un déficit de l'aspect kinesthésique des mouvements (déficit de la proprioception) ; en revanche, ils ne manifesteraient pas de déficits pour les mouvements impliquant seulement les doigts et les mains (motricité fine conservée) ([HAS, 2010](#)). A notre connaissance, il n'y a pas d'argument dans la littérature en faveur d'une

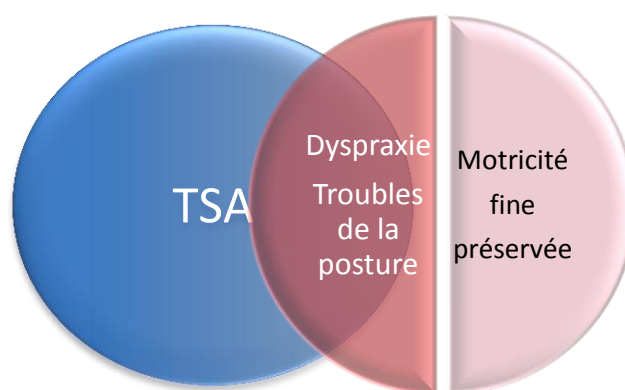


Figure 18 : Absence d'atteinte de la motricité fine de bas niveau

augmentation de la préservation de cette motricité fine chez les personnes TSA présentant des difficultés motrices.

### *Hypothèse d'une particularité en lien avec les sous-types de TSA*

#### Une maladresse **spécifique du Syndrome d'Asperger** ?

D'après le DSM IV-TR (APA, 1994), on retrouvait deux sous-groupes principaux dans les Troubles Envahissants du Développement (ancienne appellation des TSA) sans déficience intellectuelle : l'Autisme de Haut Niveau (HFA, High Functioning Autism) et le Syndrome d'Asperger (AS pour Asperger Syndrome). Comme l'HFA, le Syndrome d'Asperger comprenait une altération de la réciprocité sociale et des comportements répétitifs

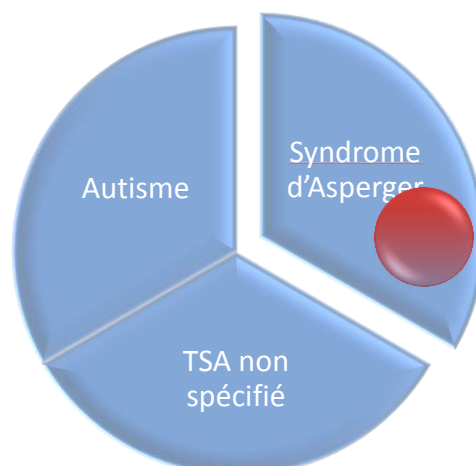


Figure 19 : la baisse des performances motrices comme spécifique du syndrome d'Asperger

stéréotypés mais excluait les troubles du langage, le retard d'acquisition du langage et de développement cognitif (APA, 1994). Des symptômes associés au Syndrome d'Asperger étaient décrits, dont la « maladresse motrice », alors que les symptômes moteurs associés à l'Autisme étaient : « anomalies de la posture ». Le groupe de travail sur le DSM5 a longuement débattu sur la pertinence de maintenir le syndrome d'Asperger en tant qu'entité clinique distincte de l'autisme du fait de la faible fiabilité inter-juge de cette distinction. Les études cherchant à distinguer autisme et asperger rapportent des résultats contradictoires au niveau des différences d'évolution des symptômes (Bennett et al., 2008, Howlin, 2003), d'étiologie (Volkmar et al., 1998) et du profil neuropsychologique (Thede & Coolidge, 2007, Gilchrist et al., 2001, Spek et al., 2009, Verté et al., 2006). L'état actuel des connaissances ne permettait donc pas de conclure. C'est pourquoi le diagnostic de syndrome d'Asperger a été exclu du DSM5 depuis mai 2013 (APA, 2013).

Néanmoins, il n'est pas exclu qu'il existe des **sous-groupes moteurs différents au sein des TSA**. La description initiale d'Hans Asperger, ainsi que de nombreuses études (Lopata 2007, Rinehart 2006 et 2001, Green 2002...) et classifications diagnostiques (CIM10 OMS 1992 ; DSMIV APA 2000, Gillberg 1989) décrivent une "maladresse motrice" chez les sujets Asperger. La description et la définition de cette maladresse demeure peu claire. Elle prédominerait sur certaines tâches complexes impliquant une coordination motrice complexe

(écriture, vélo, attraper une balle). La littérature rapporte également des déficits des performances motrices chez les personnes avec autisme (Fournier et al., 2010 ; Matson et al., 2011 ; Downey et al., 2012). Dans le DSM IV, elles étaient décrites comme ayant des "anomalies de la posture" (APA 1994). Ainsi, les études comparant le déficit moteur entre le syndrome d'Asperger et l'autisme retrouvent souvent des caractéristiques motrices différentes entre les personnes avec autisme et celles qui ont un syndrome d'Asperger (Borreman et al., 2010 ; Sahlander et al., 2008, Ghaziuddin et al., 1998, Rinehart et al., 2006 ; Gowen et al., 2005). Par exemple, Rinehart et al., 2006 retrouvent des caractéristiques de marche parkinsonienne dans les deux syndromes, avec des caractéristiques supplémentaire de marche cérébelleuse dans l'autisme. De manière générale, contrairement à la conception traditionnelle du syndrome d'Asperger comme associé à une importante maladresse, la plupart des études comme Ghaziuddin et al. (1998) retrouvent une augmentation des performances motrices dans cette population en comparaison à la population avec autisme de haut niveau. Mais ces résultats sont variables, et d'autres études ne permettent pas de conclure à une différence (Thede & Coolidge, 2007, Jansiewicz et al., 2006, Manjiviona & Prior, 1995). (voir annexe 2 pour une revue de la littérature sur les différences au niveau de la marche). Il est possible que les différences observées entre Syndrome d'Asperger et autisme soient imputables à la différence de niveau intellectuel dans les études précédemment citées (Jansiewicz et al., 2006).

**L'hypothèse de Mottron (2013)** est que l'augmentation des performances langagières pourrait entraîner la baisse des performances motrices spécifique du Syndrome d'Asperger par un phénomène de monopole entraînant une négligence motrice. Il constate dans le TSA, la présence de paires "surfonctionnement / déficit". Selon lui, chez les personnes avec autisme cette paire est : "surfonctionnement perceptif / déficit du langage oral". Chez les personnes avec syndrome d'Asperger, cette paire serait "surfonctionnement du langage oral / déficit de la motricité". Cette hypothèse d'un lien chez ces individus entre les troubles moteurs et la supériorité du langage est basée sur les constats suivants. Dans l'autisme (donc TSA avec retard de langage), il est à présent reconnu qu'il y a une hyperactivation des aires perceptives visuelles, associée à une supériorité de performance perceptive visuelle (Samson et al., 2012). Selon l'hypothèse de Mottron (2013), "le surdéveloppement plastique des zones perceptives monopoliserait l'entrée d'information, entraînant en retour la sur-expertise perceptive, et la négligence relative des aires sociales et verbales". Selon son hypothèse, comme les sujets avec syndrome d'Asperger ne présentent pas de pics perceptifs visuels au niveau



comportemental, on peut s'attendre à ce qu'ils ne présentent pas cette suractivation en IRMf. De plus, les personnes avec AS et HFA présentent des différences structurales en imagerie cérébrale anatomique (Yu, 2011). Une étude préliminaire de son laboratoire (Samson, Zeffiro, Soulières, Mottron, WIP) montre que les sujets avec syndrome Asperger présenteraient des différences en imagerie fonctionnelle par rapport à une population autiste. On retrouverait en effet une hyperactivation des aires du langage par comparaison avec les autistes et même par rapport aux personnes typiques. Il serait intéressant de savoir si cette suractivation est associée à une supériorité de performance de langage au niveau comportemental. De plus, de nombreux auteurs rapportent une bonne maîtrise du langage chez les sujets avec AS (Noterdaeme et al., 2010), sous forme de précocité d'usage des mots polysyllabiques, de l'articulation et du niveau de vocabulaire, d'orthographe et de syntaxe. Traditionnellement, la maladresse motrice faisant partie des symptômes associés au Syndrome d'Asperger et non à l'autisme, son hypothèse est donc qu'il existerait un lien entre les troubles moteurs et les performances de langage chez les sujets avec AS. D'un point de vue anatomique, l'aire de Broca (aires 44 et 45 de Brodmann) est située juste antérieurement du cortex moteur primaire (aires 4 et 6 de Brodmann). C'est également cette proximité qui amène Mottron (2013) à formuler l'hypothèse de la paire « surfonctionnement du langage oral / déficit moteur » dans le syndrome d'Asperger. Néanmoins, cette hypothèse nécessite de plus amples évaluations. En effet, à l'heure actuelle, il n'a pas été montré, en neuroimagerie, de sous-activation du cortex moteur corrélée à la sur-activation de l'aire de Broca. Deuxièmement, en clinique, la relation inverse entre performances langagières et motrices chez les personnes avec AS reste également à démontrer (Mottron, 2013).

Pour conclure sur ces hypothèses d'une spécificité motrice dans le Syndrome d'Asperger, il semble que les différences observées entre Syndrome d'Asperger et autisme pourraient être imputables à la différence de niveau intellectuel (Jansiewicz et al., 2006). L'hypothèse de Mottron (2013) sur le lien entre sur-fonctionnement des aires du langage et baisse des performances motrices chez les personnes avec Syndrome d'Asperger reste théorique. Elle n'a pas encore été étudiée et nécessite de plus amples évaluations.

### 1.3.3. SYNTHÈSE

---

Bien que les experts internationaux aient tranché pour que l'on identifie de façon séparée, au cours de l'évaluation du TSA, l'entité TAC comorbide éventuelle, il n'est pas exclu que les deux troubles présentent des étiologies communes. La littérature montre que des facteurs génétiques communs sont suspectés entre TSA et TAC. Par ailleurs, nous pensons que la



présence d'un processus bidirectionnel entre les troubles moteurs et les TSA a probablement retardé l'identification de l'entité morbide TAC dans le domaine des TSA : le TSA aggrave les difficultés motrices, et les difficultés motrices exacerbent les symptômes du TSA. En effet, de très nombreux facteurs de variabilité vont venir influencer, colorer cette baisse des performances motrices chez les personnes avec TAC : déficience intellectuelle, baisse de la motivation, fonctions exécutives altérées, syndrome d'Asperger... De même, il est probable que la baisse des performances motrices exacerbe et influence les symptômes autistiques en limitant physiquement et socialement les interactions de l'enfant pendant les périodes développementales critiques (Fournier et al., 2010).

#### *1.3.3.1. Comorbidité, cooccurrence ou continuum :*

---

A l'heure actuelle, il est donc admis que le TAC et le TSA sont associés. Cependant, pour certains auteurs, le terme de **comorbidité** exclurait la possibilité d'étiologies communes (Kaplan et al., 2006). Une nouvelle question va émerger dans les débats, classiquement rencontrée pour tous les troubles co-occurents en psychiatrie dont l'étiologie et la sémiologie restent floues : comorbidité ou continuum ? Cette question autour de l'aspect développemental, catégoriel ou dimensionnel du TAC dans les TSA est actuellement discutée.

Actuellement l'association d'un TAC et d'un TDAH est davantage envisagée comme une **co-occurrence** partageant des liens sur le plan génétique, se rencontrant plus particulièrement pour les formes mixtes de TDAH (Perrin et al., 2013). De même, si la plupart des auteurs s'accordent aujourd'hui autour d'une association fréquentes des symptômes du TAC aux troubles du spectre de l'autismes, certains auteurs (Kaplan et al., 2006) préfèrent le terme de co-occurrence voire de continuum au terme de comorbidité entre les différents troubles neurodéveloppementaux. Le terme de comorbidité exclurait la possibilité d'étiologies communes, le terme de continuum exclurait la possibilité d'étiologies non reliées, alors que le terme de co-occurrence laisserait la porte ouverte aux deux possibilités : étiologies non reliées ou communes.

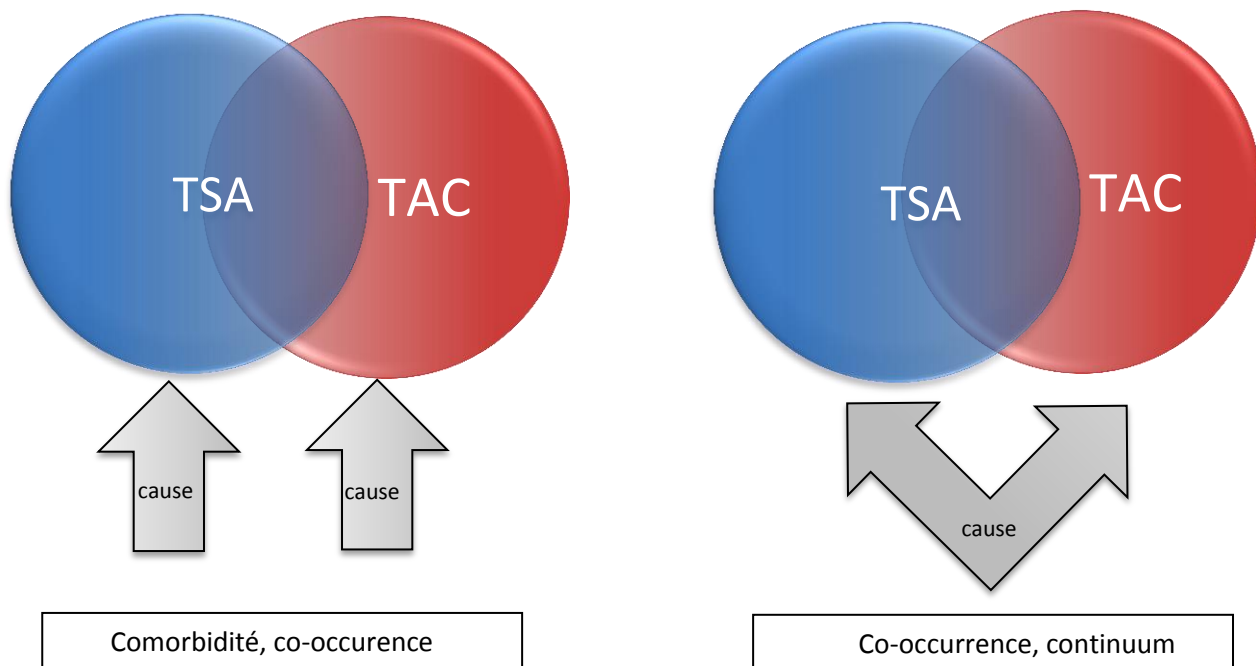


Figure 20 : comorbidité, cooccurrence ou continuum, d'après Kaplan et al., 2006

Pour aller plus loin encore, Kaplan (2006) fait l'hypothèse d'un **continuum** entre les différents troubles neurodéveloppementaux (notion de continuité), sous-tendue par un développement cérébral atypique. Nous pensons que les TSA et le TAC serait deux syndromes différents, faisant partie des troubles neurodéveloppementaux, avec certains recouvrements au niveau de la symptomatologie, de la génétique et des altérations neurobiologique. Le TSA et le

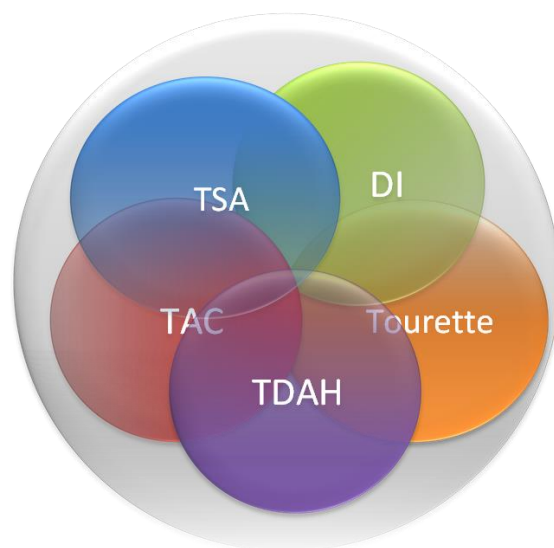


Figure 21 : Cooccurrence des troubles neurodéveloppementaux

TAC (ainsi que le TDAH, le syndrome de Tourette, la déficience intellectuelle) se recouvrent de façon importante au cours de la vie et sont souvent difficiles à séparer avant l'âge de 5 ans (Gillberg et al., 2003).

**En conclusion**, sur ces considérations développementales, catégorielles, dimensionnelles, en l'absence de données solides, nous préférons utiliser le terme de **co-occurrence** du TAC et

du TSA dont la signification reste athéorique. Dans tous les cas, cette nouvelle possibilité d'identifier les différentes comorbidités dans les TSA (TAC, TDAH...) nous semble une avancée importante pour la pratique clinique. En effet, l'unicité des Troubles du Spectre de l'Autisme reste un postulat et non une réalité démontrée. Aussi, une multitude de profils différents sont englobés dans ce diagnostic qui n'est pas assez informatif pour guider le clinicien dans sa prise-en-charge. Autrefois, les sous-types de TSA étaient divisés en fonction du mécanisme sous-jacent (symbiotique...), avec des prises en charge basées sur ces hypothèses sous-jacentes. Aujourd'hui, le diagnostic de TSA est trop large. Comme l'indique le DSM5 (APA, 2013), il est nécessaire de rajouter des "spécificateurs" propres à chaque enfant pour bien repérer son profil de compétences et de difficultés. Ainsi, on pourra décrire ses difficultés de la façon la plus personnalisée possible pour cibler les prises en charge de l'enfant sur les domaines les plus altérés, quelle que soit la raison de cette altération. Nous pensons que les interventions ciblées dans les troubles neuro-développementaux doivent partir des activités altérées, des handicaps fonctionnels, pour améliorer au maximum le développement de l'autonomie des individus. En effet, les comorbidités comme le TAC ont un rôle déterminant dans l'aggravation du pronostic des individus avec autisme (Gillberg, 2013). Gillberg (2013), disait : "l'autisme, en soi, a un pronostic différent, pas nécessairement mauvais, et le focus actuel basé uniquement sur l'autisme pour le dépistage précoce et les programmes d'intervention est probablement une grande erreur". Il nous semble effectivement indispensable de **développer l'évaluation et les interventions dans le domaine de la motricité dans les TSA**, qui est délaissé dans la littérature et les recommandations, nationales comme internationales. Cette nouvelle hypothèse d'une entité morbide TAC comme cible diagnostique dans les TSA implique donc la mise en place d'évaluations et d'interventions conformes aux recommandations sur le TAC, ainsi que l'évaluation scientifique de leur validité dans les TSA. Pour les recommandations suivantes d'évaluation et d'intervention ciblées sur les performances motrices dans les TSA, nous nous sommes donc référés aux recommandations actuelles sur le TAC (Chabloz & al, 2011, Blank & al, 2012) et sur le TSA (HAS, 2005, 2010, 2012 ; Anagnostou et al., 2014 ; Volkmar et al., 2014).

#### 1.3.3.2. Enjeux pour l'évaluation de l'identification de l'entité TAC dans les TSA

Les **recommandations actuelles** sur l'autisme de la Haute Autorité de Santé 2010 (HAS) incluent l'évaluation fonctionnelle motrice et sensorielle dans la démarche diagnostique du TSA. Cependant, à l'heure actuelle, les évaluations pour le TAC dans les

TSA sont peu étudiées et les recommandations sont très floues en la matière. L'[HAS \(2005 et 2012\)](#) recommande systématiquement dans les évaluations initiales et d'évolution un examen du développement psychomoteur et sensorimoteur systématique. Il est indispensable pour examiner la motricité (globale et fine), les praxies et l'intégration sensorielle. Les tests, non spécifiques à l'autisme, sont à adapter. Selon les recommandations [HAS 2012](#), les domaines sensoriels et moteurs sont des domaines dans lesquels une évaluation est également recommandée pour tout enfant/adolescent avec TSA, tout au long de son parcours. Cette évaluation fonctionnelle comprend donc une évaluation sensorielle, et une évaluation motrice. L'évaluation motrice recommandée par l'HAS comprend : un suivi du développement des acquisitions motrices globales (coordinations dynamiques générales, équilibre, posture), de la motricité fine et des coordinations visuo-manuelles, dont le graphisme, de la régulation tonique, du schéma corporel (connaissance du corps, latéralité et capacités imitatives), de l'organisation spatio-temporelle, des praxies et gnosies. Les recommandations sont très floues en la matière. Par exemple, les instructions interministérielles du 13 février 2014 ([Ministères français, 2014](#), mise en œuvre du troisième plan autisme) font un point sur les "trois évaluations réalisées par l'équipe pluridisciplinaire : une évaluation socio-cognitive (PEP-R, [Schopler et al., 1994](#)), une évaluation de la communication (ECSP, [Seibert & Hogan, 1982](#)) et une évaluation des compétences motrice" (aucun outil recommandé pour les compétences motrices, [Ministère des affaires sociales et de la santé et al., 2014](#)). Le domaine des performances motrices dans l'autisme est donc bien identifié comme une cible importante à évaluer, mais l'HAS ne donne pas de recommandation en la matière.

Ainsi, avec l'évaluation de la motricité globale et fine, l'évaluation du TAC fait partie intégrante du bilan systématique initial et de suivi dans les TSA ([HAS 2012](#)). A notre connaissance, il n'y a pas de recommandations sur l'évaluation des performances motrices à utiliser pour cette population TSA, donc nous nous sommes référés aux recommandations du TAC ([Blank & al, 2012](#)) et sur le TSA ([HAS 2005, 2010, 2012](#)) pour discuter la conduite à tenir qui suit.

#### OUTILS DE DEPISTAGE :

Le **Questionnaire sur le Trouble de l'Acquisition de la Coordination ou QTAC** ([Martini & Wilson, 2011](#)) est actuellement le questionnaire le mieux évalué. Ce questionnaire aux parents permettant d'aider à l'identification du TAC chez les enfants ([Blank et al., 2012](#), voir partie 1.2.). La QTAC paraît tout à fait utilisable dans le cadre du **dépistage du TAC chez les enfants avec TSA**, même si elle nécessite une plus ample évaluation dans les TSA.

Les **auto-questionnaires aux enfants** (« All about Me Scale », [Missiuna, 1998](#), PEGS [Missiuna, 2000](#), et CSAPPA, [Cairney et al., 2007](#)) sont décrits dans la partie 1.2.. Non seulement ces questionnaires sont encore peu évalués dans la population avec TAC, mais les difficultés d'introspections des enfants avec TSA peuvent entraîner des difficultés à remplir et comprendre ce type d'auto-questionnaires. En effet, ils sont centrés sur le sentiment d'efficacité personnelle pour les mouvements et sur l'estime de soi (voir partie 1.2.). Néanmoins, Capps et al. (cités par [Emck et al., 2009](#)) ont administré la Perceived Competence Scale for Children à des enfants avec TSA, et montrent qu'ils se perçoivent comme moins compétents dans les domaines physiques et sociaux, ce qui suggère qu'ils ont la capacité de faire des auto-évaluations de façon réaliste. Dans l'attente de plus de résultats et d'adaptation de ces échelles chez les enfants avec TSA, elles **ne nous semblent pas adaptés** au dépistage du TAC dans cette population.

#### BILAN MULTIDISCIPLINAIRE :

Chez les enfants avec TSA, il est très important que le TAC soit évalué de façon multidisciplinaire, afin notamment, d'éliminer les diagnostics différentiels, confirmer le diagnostic, et évaluer les comorbidités ([APA, 2013](#), [Chabloz & al, 2011](#), [Blank & al, 2012](#)).. En effet, il est indispensable d'exclure les diagnostics différentiels principaux du TAC (trouble neurologique, trouble de la vision, et déficit intellectuel, [APA, 2013](#)). De plus, le TSA et l'éventuel TDAH associé peuvent interférer avec la performance motrice et son évaluation ([Blank et al., 2012](#)). La conférence de consensus de l'EACD insiste également sur l'importance d'interroger l'enfant et les parents, mais également les professeurs et les proches de l'enfant ([Blank et al., 2012](#)).

##### *Premier temps : bilan médical et psychométrique*

Si l'on retrouve des signes d'appel de TAC et/ou un score élevé à la QTAC, on réalise donc le premier temps du bilan multidisciplinaire, qui est le bilan médical et psychométrique.

L'**entretien médical** doit explorer les antécédents (personnels et familiaux), le retentissement (scolarité, sport, estime de soi et anxiété-dépression) et des comorbidités et diagnostics différentiels (TDAH, autres retards de développement comme la lecture, troubles du comportement, absence d'opportunité de développer une motricité performante, [Chabloz et al., 2011](#) ; [Blank et al., 2012](#)).

Comme pour le bilan de TAC classique, l'**examen clinique** comportera une évaluation des acquisitions psychomotrices en fonction de l'âge de l'enfant, un examen neurologique pour exclure une pathologie neurologique (pires crâniennes, syndrome pyramidal,

cérébelleux, vestibulaire), rechercher des signes neurologiques mineurs (mouvements choréiformes et syncinésies) et éliminer un syndrome d'hyper mobilité articulaire. Les autres diagnostics différentiels et comorbidités à rechercher au cours de l'examen clinique sont : l'obésité, l'hypothyroïdie, l'hyperlaxité, les syndromes génétiques, les troubles visuels. En cas de particularité du développement moteur (ex. marche sur la pointe des pieds, troubles orthopédiques, etc.), un avis diagnostique, suivi le cas échéant d'un traitement adapté, peut être sollicité auprès d'un médecin spécialiste (ex. médecine physique et de réadaptation, chirurgien orthopédiste pédiatrique, [HAS, 2012](#)).

Aucun **examen complémentaire** n'est systématique pour le diagnostic de TAC. Un bilan biologique, une exploration neurophysiologique ou une imagerie cérébrale pourront être réalisés sur point d'appel ([Blank et al., 2012](#)). Dans le cadre du TSA sont réalisés un bilan génétique, un EEG, un audiogramme et, sur point d'appel une imagerie cérébrale, donc ces bilans peuvent éventuellement venir étoffer le bilan du TAC dans le TSA.

S'il n'a pas été réalisé au cours du bilan diagnostique du TSA, un **bilan psychométrique est indispensable** pour le diagnostic de TAC dans les TSA, devant la prévalence importante de la déficience intellectuelle dans les TSA. Si les difficultés motrices sont excessives par rapport à ce qui est attendu d'après la déficience intellectuelle, alors il est possible de faire le co-diagnostic ([Blank et al., 2012](#)).

Un bilan de **l'attention/impulsivité** et des **fonctions exécutives** peut également être réalisé, notamment en cas de doute sur des symptômes de TDAH (présent chez 50% des enfants avec TAC et chez 50% des enfants avec TSA, [Blank et al., 2012](#)).

#### *Deuxième temps : bilan standardisé des performances motrices*

Le deuxième temps du bilan multidisciplinaire du TAC dans le TSA est le bilan standardisé des performances motrices. Le bilan moteur minimum comprendra une **MABC (ou BOT) et un BHK**. A notre connaissance, pour l'évaluation des performances motrices, il n'existe pas d'outils standardisé spécifique du TSA. L'HAS recommande donc d'utiliser un test moteur non spécifique des TSA mais standardisé ([HAS 2012](#)), nous rajouterons : validé pour le TAC, fiable et approprié pour faire le diagnostic de TAC. La Movement Assessment Battery for Children ou MABC ([Henderson et al, 1992](#)) et le Bruininsk Oseretsky Test of Motor Proficiency ou BOT ([Bruininks, 1978](#)) sont les deux tests recommandés par l'EACD ([Blank et al., 2012](#)), et sont les tests les plus fréquemment employés dans la littérature. Le score seuil pour le diagnostic de TAC est encore controversé. Ainsi, même si l'EACD recommande d'utiliser le 15<sup>ème</sup> centile comme seuil pathologique (pour les enfants de plus de

5 ans, sinon 5<sup>ème</sup> centile pour ceux de 3 à 5 ans), la plupart des cliniciens utilisent le seuil du 5<sup>ème</sup> centile. Pour les enfants avec TSA, comme pour les enfants sans TSA, si l'enfant présente des difficultés particulières dans un domaine (motricité fine ou globale en dessous du 5<sup>ème</sup> centile), il est possible de réaliser un diagnostic de TAC même si le score total est meilleur que le 15<sup>ème</sup> centile. On parlera alors de TAC « spécifique du domaine altéré » (motricité fine ou globale principalement) (Blank et al., 2012). De plus, le BHK (Hamstra-Bletz et al., 1987) sera réalisé pour explorer le graphisme.

Les adaptations habituelles pour les enfants avec TSA sont à mettre en place pour la passation de l'évaluation motrice : une structuration du temps et de l'espace et une adaptation des consignes pour plus de clarté. La structuration du temps et de l'espace peut s'inspirer du programme TEACCH (Schopler et al., 1995). Par exemple, le temps peut être structuré en utilisant un planning des activités et un timer. L'espace sera organisé, épuré, et visuel, avec par exemple, deux espaces de rangement (un pour les activités faites, un pour les activités à venir) et deux espaces de travail (un pour les activités sur table, un pour les activités debout). Les consignes doivent être clarifiées et adaptées au niveau de l'enfant pour les rendre les plus informatives possibles : consignes verbales simples, réduites, ralenties et séquencées, support visuel augmentatif à la communication, démonstration visuelle, mobilisation passive...

**Pour conclure**, il est important d'utiliser au minimum une batterie d'évaluation de la motricité validée et standardisée de type MABC, ainsi qu'un test d'évaluation du graphisme pour réaliser le diagnostic de TAC chez les enfants avec TSA. La structuration spatio-temporelle et l'adaptation des consignes faciliteront la passation de ces outils dans cette population.



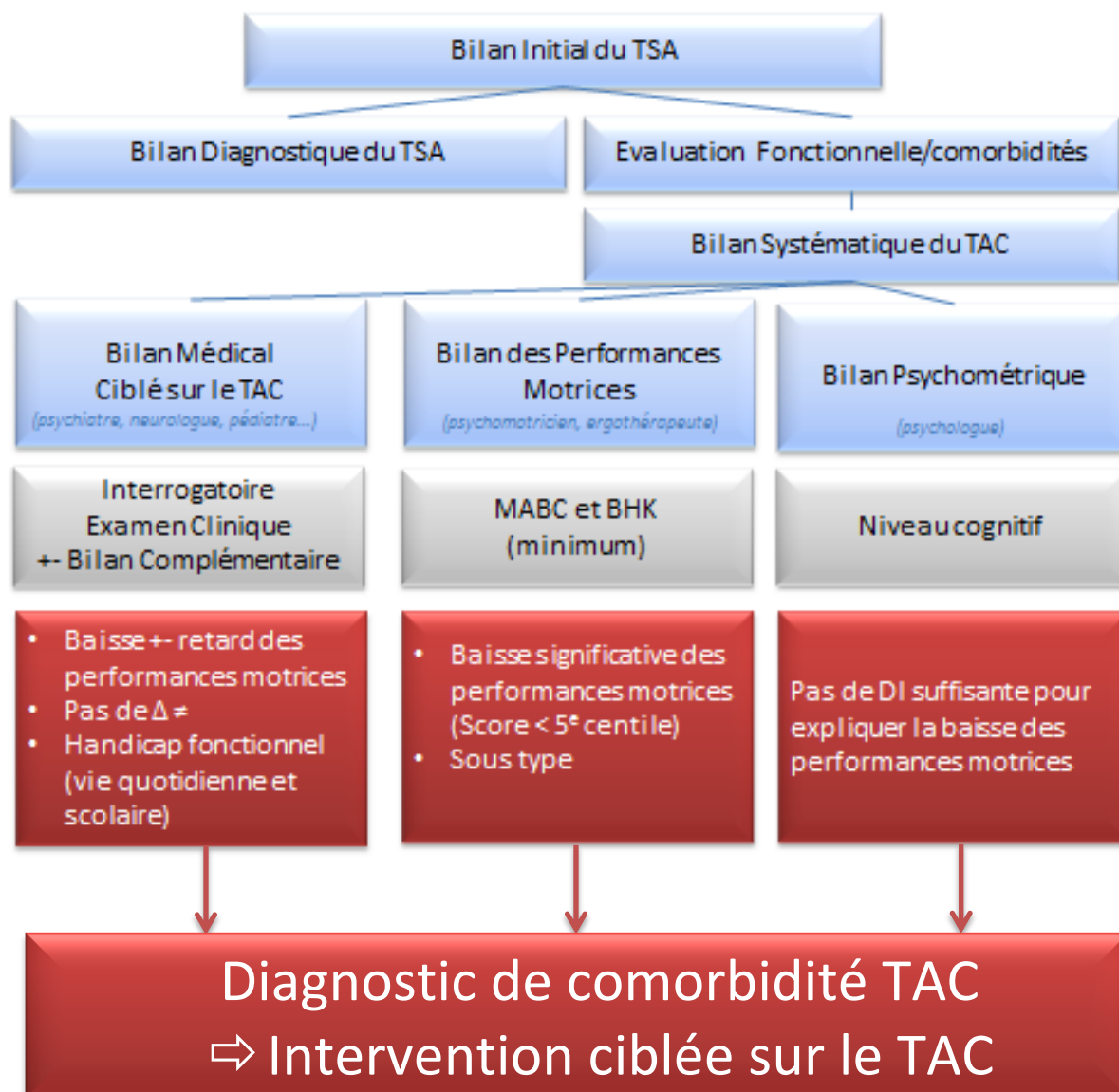


Figure 22 : Résumé des recommandations pour l'évaluation minimum du TAC chez les enfants avec TSA (d'après HAS, 2005 et 2012, Blank et al., 2012)

L'évaluation motrice participe donc à l'élaboration du diagnostic, afin de spécifier si le TSA est associé à un TAC ou non. Cette démarche prend toute son importance pour élaborer le projet de soin pour l'enfant avec TSA.

#### 1.3.3.2. Enjeux pour l'intervention ciblée sur le tac dans le TSA :

Selon les recommandations actuelle de l'HAS 2012, le projet de soins dans le TSA doit comporter systématiquement des **objectifs fonctionnels** dans le domaine de l'autonomie dans les activités de la vie quotidienne (habillage, toilette, courses, ...), en vue de favoriser le développement d'une autonomie personnelle et sociale par un apprentissage spécifique lors de séances de rééducation (ex. : ergothérapie) ou d'activités éducatives, puis par un entraînement

en situation de vie quotidienne. Pourtant, aucune prise en charge ciblée sur la motricité visant directement l'amélioration des performances motrices, n'est actuellement suffisamment développée et évaluée dans le TSA et les recommandations sont très floues en la matière (HAS, 2012).

	New York State Department of Health, 1999 (72)	Institut de santé Carlos III, 2006 (143)	Scottish Intercollegiate Guidelines Network, 2007 (60)	Ministère de la Santé et de l'Éducation, Nouvelle-Zélande, 2008 (76)
Thérapie de l'intégration sensorielle	- (D1)	RC		I
Entraînement à l'intégration auditive	- (C)	RC	- (A)	I
Musicothérapie	- (D1)	RC		
Rééducation psychomotrice				
Activité sportive				

Figure 23 : Résumé des recommandations professionnelles internationales concernant les interventions psycho-éducatives dans le domaine sensori-moteur chez les personnes avec TSA. I : aucune recommandation n'a été faite en raison de l'insuffisance des preuves ; RC : recherche clinique ; + : intervention recommandée (grade) ; - : intervention non recommandée (grade). Source : HAS, 2012

Or, il existe des programmes de prise en charge du TAC correspondant à ces objectifs. Ils nous semblent très intéressants et adaptables à la population avec TSA. Pour les recommandations suivantes d'intervention ciblées sur les performances motrices dans les TSA, nous nous sommes donc référés aux recommandations actuelles sur la prise en charge du TAC (Blank et al, 2012) et du TSA (HAS, 2012).

Selon l'HAS 2012, il est recommandé dans les TSA d'associer l'enfant et ses parents pour proposer un **projet global d'intervention sur le TSA** précoce, coordonné, personnalisé, visant des objectifs fonctionnels et la généralisation, par des équipes formées, auprès de l'enfant et des parents. Le clinicien doit proposer à l'enfant des prises en charge globales (de type méthodes issues de l'ABA de Lovaas, 1987, Denver, Dawson, Rogers et al., 2010, ou TEACCH, Schoppler et al. 1995, par exemple) mais également des prises en charge ciblées, spécifiques, basées sur ses difficultés repérées au cours du bilan fonctionnel (orthophonie ou psychomotricité par exemple). Ainsi, doit être organisé un **projet de soins ciblé sur le TAC** au sein du projet global d'intervention pour les enfants TSA présentant un TAC. Comme nous l'avons vu, dans l'autisme, les troubles de la motricité sont liés à une plus grande sévérité des symptômes du TSA, des symptômes dépressifs, des difficultés d'autonomie et un plus grand isolement social. Nous souhaitons donc insister sur l'importance de la prise en charge ciblée sur le TAC dans cette population pour ceux qui présentent un TAC comorbide, dans le but

d'améliorer directement les compétences motrices, mais également de limiter les complications du TAC. Ici encore, trois éléments vont être indispensables dans la construction du projet de soin, la personnalisation du projet de soin, l'élaboration d'objectifs, et l'évaluation de l'efficacité thérapeutique.

### PRISE EN CHARGE MEDICALE

Il n'y a pas de traitement médicamenteux indiqué pour TAC, chez les personnes avec et sans TSA. Le méthylphénidate n'est recommandé qu'en cas de Trouble du Déficit de l'Attention avec Hyperactivité (TDAH) comorbide (Blank et al., 2012).

### PRISE EN CHARGE PSYCHOLOGIQUE ET PARAMEDICALE

Il existe trois types de prise en charge à mettre en place pour les individus avec TAC dans les TSA : la rééducation, les compensations, et la guidance des aidants. La littérature et les recommandations sont pauvres pour la rééducation de la motricité dans les TSA. Dans leur revue de la **littérature** de 101 articles évaluant les méthodes d'intervention dans l'autisme, Ospina et al. (2008) ne retiennent que deux études basées sur la motricité, plus particulièrement sur l'exercice de la danse et de l'équitation sur des groupes de 29 et 56 sujets avec TSA (Greer-Paglia, 2006 et Mason 2005, cités par Ospina et al., 2008). Les deux études montrent une augmentation de la communication et des interactions sociales par rapport aux autres groupes. Miyahara et al. (2013) recense cinq revues de la littérature sur les effets des interventions basées sur le mouvement (Baranek et al., 2002 ; Petrus et al., 2008 ; Lang et al., 2010 ; Sowa et Meulenbroek, 2012 ; cités par Miyahara et al., 2013) mais les interventions et leurs objectifs cibles sont très éclectiques. On peut néanmoins conclure de ces travaux qu'ils montrent tous les quatre des bénéfices des interventions basées sur le mouvement, l'exercice physique en particulier, sur le domaine physique et psycho-social (Miyahara et al., 2013). Du côté des **recommandations**, l'HAS 2012 recommande la psychomotricité et l'ergothérapie (accord d'expert) en cas de troubles praxiques, posturaux, toniques, ou gnosiques, interférant avec les activités quotidiennes (habillage, alimentation, loisir) ou leurs apprentissages scolaires (écriture, lecture), pour développer la motricité et les praxies, ainsi que proposer des aménagements. De même, l'HAS recommande les « activités physiques et sportives » pour participer à l'épanouissement personnel et social de certains enfants avec TSA (accord d'expert)... Egalement, Attwood (2006) insiste sur l'importance de trouver une activité physique qui lui soit agréable, les plus fréquemment appréciée étant la natation, le trampoline, le golf, le cheval, l'endurance, l'escrime et les arts martiaux.

### *Rééducation :*

Pour rappel (voir chapitre 1.2.), deux types d'interventions rééducatives sur la motricité peuvent être proposées : les interventions orientées sur le déficit (stratégie bottom-up), et les interventions orientées sur la performance (stratégie top-down).

**Les interventions bottom-up, orientées sur le déficit** comprennent les thérapies d'intégration sensorielle (SIT Sensory Integration Therapy), les traitements orientés sur le sensori-moteur (PMT Perceptual Motor Therapy), et les traitements orientés sur les processus altérés. Selon ces approches, effectuer une remédiation sur le processus altéré permet d'améliorer les performances motrices (ex : travailler la perception fine tactile pour améliorer les praxies de boutonnage). Seules les pratiques dites d'« intégration sensorielle » sont citées dans les recommandations de l'HAS : « très diverses, [elles] n'ont pas fait preuve de leur efficacité au vu des données publiées mais peuvent apporter des bénéfices en termes d'attention, de réduction du stress, ou de comportements inadaptés aux stimulations sensorielles » (accord d'expert, [HAS 2012](#)). Comme pour le TAC simple, si l'examen clinique révèle des troubles musculo-squelettiques (troubles des articulations cervicales, sacro-iliaques), une rééducation en kinésithérapie est alors indiquée ([Blank et al., 2012](#)).

**Les interventions top-down, orientées sur les performances** sont la méthode CO-OP (Cognitive Orientation to Daily Occupational Performance, [Polatajko, & al., 2001](#)), les interventions ciblées sur la tâche, l'entraînement aux tâches neuro-motrices (NTT), l'entraînement à l'imagerie mentale motrice, et les interventions écologiques.

**La méthode CO-OP**, qui vise l'acquisition des habiletés motrices dont l'enfant a besoin ou souhaite travailler, commence depuis peu à être évaluée chez les enfants avec TSA ([Rodger et al., 2007 ; 2008 ; 2009](#)). Il semble que la majorité des habiletés motrices choisies par l'enfant sont semblables à celles choisies par les enfants avec TAC (lacer ses chaussures, se coiffer, utiliser des couverts, écrire correctement et rapidement...). Ce type d'approche nous semble tout à fait correspondre aux recommandations actuelles. En effet pour l'[HAS 2012](#), pour tout enfant avec TSA, le projet doit comporter des objectifs fonctionnels dans le domaine de l'autonomie dans les activités de la vie quotidienne (habillage, toilette, courses...) par un apprentissage spécifique lors de séances de rééducation. Leur utilisation avec la population TSA nécessite bien-sûr de tenir compte de leur particularités, notamment en se basant plus sur les prompts physiques que sur l'imitation (prompts visuels) si besoin, en utilisant des consignes simples et concrètes, en augmentant la prévisibilité par une structuration du temps et de l'espace, en utilisant des médiateurs susceptibles de susciter leur

intérêt (ordinateur...) et en mettant en place des moyens augmentatifs de communication si besoin (Perrin et al., 2013).

#### *Compensations :*

Des aides techniques (règle alourdie, photocopie des textes, ordinateur avec logiciel adapté, dictaphone, dictée vocale, calculette...) peuvent être mises en place (Chabloz et al., 2011). Un accompagnement de la mise en œuvre des aides à l'école est indispensable (séances d'ergothérapie, PPS...). Plus radical encore, Attwood (2006) suggère que l'écriture manuscrite devient une compétence obsolète au vingt-et-unième siècle, et qu'il ne faut pas hésiter à laisser de côté la rééducation de l'écriture manuscrite pour se concentrer sur l'optimisation de l'utilisation des ordinateurs en classe pour les enfants avec TSA présentant une dysgraphie.

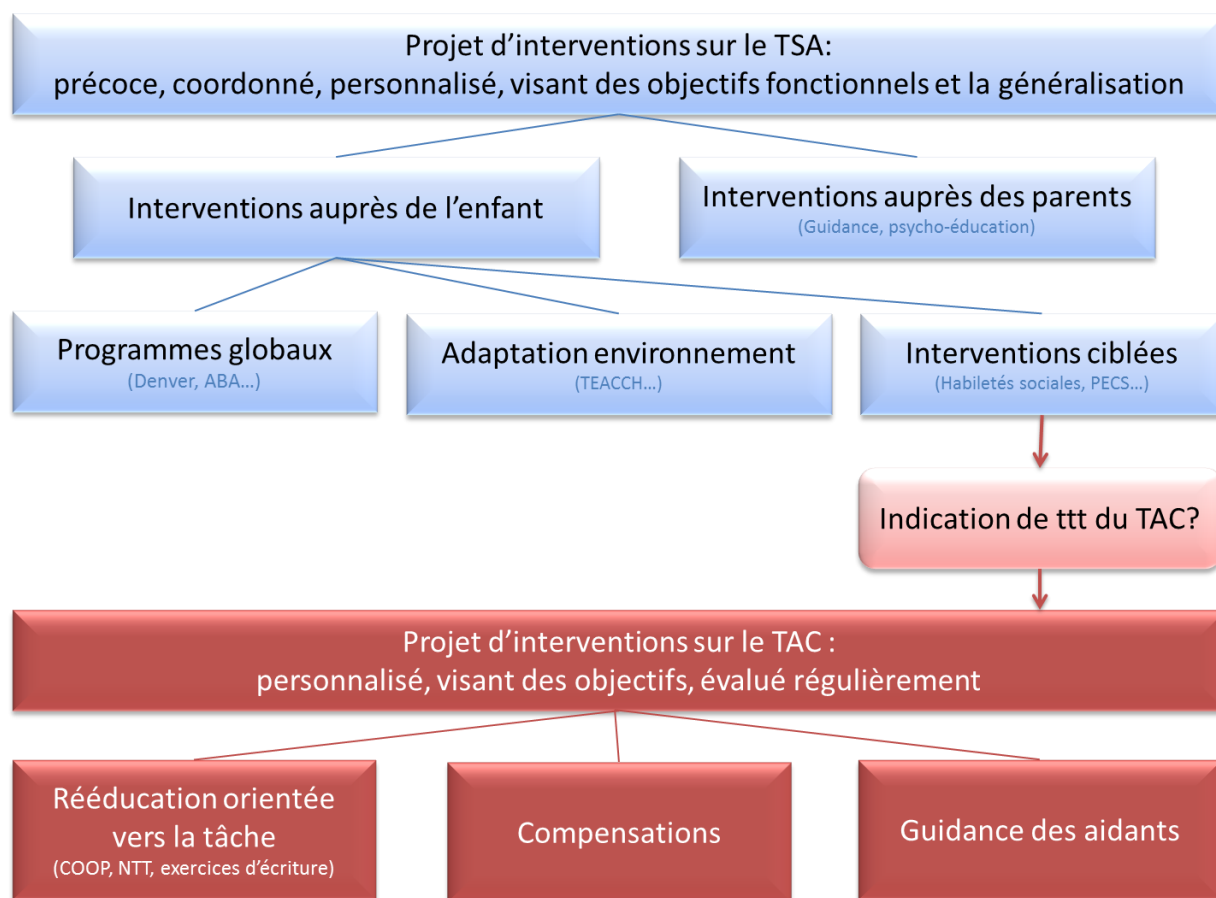
Parfois, il est également indispensable de mettre en place des aides humaines également (secrétaire pour prendre des notes, Assistant de Vie Scolaire pour manipuler sous la dictée les outils comme en géométrie...).

#### *Guidance des aidants*

Des conseils d'aménagement pédagogiques généraux (Le Flem et Gardie 2011, ANAE) peuvent être communiqués à l'**enseignant** comme : valoriser et encourager l'élève (afin de préserver l'estime de soi), l'installer en face du tableau (pour limiter les difficultés de repérage visuel), ne pas le pénaliser pour la qualité et la vitesse de l'écriture (ne pas exiger le même niveau que pour ses camarades dans ce domaine), privilégier et valoriser les productions et évaluations orales... Attwood (2006) recommande une adaptation des cours de sport pour les personnes avec TSA, pour qui ce moment est souvent un moment d'exacerbation de leur stigmatisation, de par leurs difficultés motrices : privilégier un choix des équipes par le professeur et non par les élèves eux-mêmes (pour éviter d'être toujours le dernier choisi), proposer à l'enfant de faire l'arbitre assistant, de noter les scores (intérêt pour les règles)...

Pour les jeunes enfants, certains auteurs, comme Jana Iverson, avancent l'idée que les **parents** devraient être sensibilisés aux problèmes moteurs dans l'autisme dès le plus jeune âge du bébé. En effet, elle avance l'idée que de simples exercices, comme le fait qu'ils aident leur enfant à tenir un jouet ou à être debout pendant quinze minutes par jour pourraient aider le développement moteur et cognitif de leur enfant (cité par Hughes, 2011). De même, Tony Attwood recommande aux parents d'exposer l'enfant aux jeux de ballons le plus précocément possible (Attwood, 2006). La guidance parentale, la psycho-éducation et la thérapie de soutien

sont recommandées dans le TAC comme dans les TSA. Elles ont d'autant plus leur place lorsqu'il y a un diagnostic duel.



**Figure 24 : Résumé des recommandations pour la prise en charge minimum du TAC chez les enfants avec TSA**  
(d'après HAS, 2005 et 2012, Blank et al., 2012)

## CONCLUSION

Dans le **TSA**, la **co-occurrence du TAC** est fréquente, précoce, facteur de mauvais pronostic et d'augmentation du handicap fonctionnel. Des facteurs génétiques communs sont suspectés, et il y a un processus d'interaction bidirectionnel entre ces deux troubles qui s'aggravent mutuellement. Malgré cela, cet aspect de l'autisme est délaissé dans la littérature et dans la pratique médicale. Aussi, à l'heure actuelle, la description du profil moteur des personnes avec des Troubles du Spectre Autistique (TSA), leur évaluation diagnostique et leur prise en charge demeurent peu clairs.

**Au niveau de la sémiologie motrice**, les enfants avec TSA peuvent présenter des altérations de la coordination motrice dans tous les domaines (motricité globale, fine et graphomotricité), mais les études rapportent des résultats très variables voire contradictoires. Les méthodes d'évaluation sont très hétérogènes, avec de nombreux facteurs de confusion (notamment le mélange des patients avec ou sans TAC dans le même groupe), sur de petits échantillons. A notre connaissance, peu d'études fiables ont été réalisées à ce jour sur la posturométrie et l'analyse cinématique de la marche, du pointage et de l'interception. C'est pourquoi avons souhaité explorer les performances motrices des personnes avec TSA au cours de notre étude en plateforme d'analyse du mouvement décrite dans la partie 2.

**Pour l'évaluation et la prise-en-charge du TAC dans les TSA**, nous nous sommes basés sur les recommandations sur le TSA ([HAS 2005 2010 2012](#)) et sur le TAC ([Blank 2012](#)), pour proposer une conduite à tenir diagnostique et thérapeutique du TAC dans le TSA. Pour le diagnostic du TAC dans le TSA, il conviendra d'effectuer un bilan multidisciplinaire comprenant un bilan médical, un bilan psychométrique, et un bilan moteur, comprenant une évaluation standardisée généraliste de la motricité de type MABC et des tests plus spécifiques pour définir le sous-type comme le BHK. Le projet de soin du TAC dans le TSA doit être personnalisé, avec des objectifs et des évaluations régulières. Trois types de prise en charge sont à mettre en place pour les personnes avec TSA présentant un TAC co-occurent : la rééducation (si possible de type « orientée vers la tâche »), les compensations, et la guidance des aidants.



## Partie 2 : ETUDE DES PERFORMANCES MOTRICES CHEZ LES PERSONNES AVEC AUTISME DE HAUT NIVEAU

---

### 2.1. CONTEXTE

---

La description de la **baisse des performances motrices** des personnes avec TSA reste floue et controversée et la littérature actuelle ne permet pas de situer le mouvement atteint sur le continuum entre motricité de bas niveau et motricité de haut niveau. Nous avons représenté ce continuum sur la figure de droite. En bas, la motricité de bas niveau, symbolisée par la station debout et la marche, concerne les mouvements réflexes et automatiques. C'est celle qui nécessite le moins de ressources cognitives et attentionnelles, basée principalement sur le système sensoriel, le système moteur et l'intégration sensori-motrice. En haut, la motricité de haut niveau symbolisée par le pointage et l'interception. Elle concerne les gestes, donc les mouvements volontaires orientés vers un but, et est plus cognitivo-requerante, notamment en termes de planification, de programmation et de contrôle de l'exécution.



**Dans la littérature**, les études de prévalence du TAC dans l'autisme ne différencient pas les dyspraxies et les troubles de l'équilibre, les retards de la marche. Jusqu'à ces dernières années, les techniques utilisées étaient des tests cliniques de motricité globale et fine, qualitatifs, non sensibles à des atypies subtiles, et les résultats sont variables voire contradictoires. A l'heure actuelle, la plupart des études se concentrent sur la description des aspects cognitifs de la motricité comme la dyspraxie, l'imitation. On retrouve des altérations de la coordination motrice à tous les niveaux (motricité globale, fine et graphomotricité), mais les études rapportent des résultats très variables voire contradictoires. En effet, les méthodes d'évaluation sont très hétérogènes (batteries non validées, ou tâches très spécifiques donc non répliquées), avec de nombreux facteurs de confusion (mélange des participants avec et sans TAC dans un même groupe, traitements psychotropes, sous-types de TSA, déficience intellectuelle, ...), sur de petits échantillons (la plupart inférieurs à 12 patients). A notre connaissance, peu d'études fiables ont été réalisées à ce jour sur la posturométrie et l'analyse cinématique de la marche, du pointage et de l'interception. Selon Mostofsky (cité par [Hughes, 2011](#)), les chercheurs devraient utiliser des mesures précises de la motricité dans l'autisme, plutôt que les batteries de test basées sur des "checklists" de motricité globale et fine. C'est pourquoi nous avons donc souhaité explorer le profil moteur des personnes avec TSA au

cours de notre étude en plateforme d'analyse du mouvement. A notre connaissance, aucune étude n'utilise des techniques objectives donc indépendantes de l'examineur, quantitatives et sensibles à des atypies subtiles de la motricité afin de décrire le profil des personnes avec troubles autistiques sur l'ensemble du continuum de la motricité, en différenciant les sous-groupes, avec Syndrome d'Asperger ou Autisme de Haut Niveau, avec TAC ou sans TAC.

**Au niveau théorique**, le modèle développé par [Gowen & Hamilton \(2013\)](#) a particulièrement attiré notre attention. Elles s'inspirent des modèles de Frith ([Happe et Frith, 2006](#)) et de Mottron ([Mottron, 2006](#)) pour développer l'hypothèse d'une augmentation des entrées sensorielles et des sorties motrices dans l'autisme, qu'elle appelle « input output hypothesis » et qui serait associée à des difficultés d'intégration sensorimotrices. Selon elles, l'application de ces modèles au niveau moteur s'exprimerait par une augmentation de la variabilité des entrées sensorielles et de l'exécution motrice, une hyper-dépendance à certaines entrées sensorielles pour la motricité, un ralentissement de la planification et de l'exécution motrice et un surcoût cognitif pour réussir à réguler les mouvements, même les plus basiques. A notre connaissance, aucune étude de motricité dans les TSA n'a été effectuée sur un même groupe de patients, avec l'ensemble des mesures objectives des différents niveaux de motricité décrits précédemment (contrôle postural, marche, pointage et interception en posturométrie et analyse cinématique) en différenciant le groupe avec TAC du groupe sans TAC. Nous souhaiterions donc préciser la symptomatologie des troubles moteurs chez les sujets avec autisme de haut niveau (AHN).

**Cette étude** vise à décrire le profil moteur des personnes avec Autisme de Haut Niveau, présentant, ou non, un TAC. Les **objectifs** sont au nombre de deux : **(1)** Préciser le profil moteur des personnes avec TSA sans DI (TSA SDI) en comparaison avec les personnes de développement typique. **(2)** Rechercher, au sein du groupe TSA, s'il y a une différence de profil moteur entre le sous-groupe "avec suspicion de TAC" (groupe TAC+) et le sous-groupe "sans suspicion de TAC" (groupe TAC-). Les deux **hypothèses** sont donc les suivantes : **(1)** Les performances sont diminuées pour les tâches motrices de "bas niveau" (station debout et marche), les tâches motrices de "haut niveau" (pointage et interception), et les tâches duelles (marche en calculant) chez les personnes avec TSA SDI en comparaison avec les personnes de développement typique. **(2)** Au sein du groupe TSA SDI, ces performances sont diminuées pour le sous-type "avec suspicion de TAC", en comparaison aux personnes sans suspicion de TAC. Les **critères de jugement** que nous définissons pour chaque hypothèse est : **(1)** Baisse du contrôle postural (Surface à 95% du COP augmentée), de la cadence de marche simple, de

la vitesse de pointage (temps de mouvement augmenté), du nombre de balles rattrapées, et de la cadence de marche duelle, chez les sujets avec TSA SDI par rapport aux sujets de développement typique. **(2)** Baisse du contrôle postural (Surface à 95% du COP augmentée), de la cadence de marche simple, de la vitesse de pointage (temps de mouvement augmenté), du nombre de balles rattrapées, et de la cadence de marche duelle, chez les sujets avec TSA avec TAC+ par rapport aux sujets TSA TAC-.

## 2.2. METHODOLOGIE

---

### 2.2.1. POPULATION

---

Les **objectifs d'inclusion** de l'étude sont de 54 participants : 36 individus avec TSA, dont 18 individus avec autisme de haut niveau (groupe AHN, 9 "avec TAC" et 9 "sans TAC"), 18 personnes avec syndrome d'Asperger (groupe AS, 9 "avec TAC" et 9 "sans TAC"), et 18 sujets contrôles de développement typique (groupe C) d'âge compris entre 12 et 30 ans. Actuellement, 37 sujets ont participé à l'étude, tous groupes confondus. Pour l'étude préliminaire présentée ici, nous avons inclus 28 participants de 12 à 30 ans, 14 avec AS (dont 7 "avec TAC") et 14 contrôles de développement typique, appariés en âge et en sexe.

Les participants du groupe avec Syndrome d'Asperger (**groupe AS**, N=14) sont recrutés au sein de la file active du Centre Ressource Autisme Aquitaine (CRA de Bordeaux, Bergerac, Agen, Pau et Bayonne, France). Les critères d'inclusion pour le groupe AS sont : âge compris entre 12 et 30 ans, diagnostic de TSA validé par un score seuil à l'ADI-R et/ou l'ADOS-G. Les critères d'exclusion du groupe AS sont : retard de développement de langage selon les critères de l'ADI-R (premiers mots isolés avant 24 mois et premières phrases de 2 mots avant 36 mois), déficience intellectuelle (QI<70 au WISCIV), comorbidité neurologique ou psychiatrique connue (sauf TDAH).

Les participants du groupe Contrôle (**groupe C**, N=14) ont été recrutés dans la communauté (Bordeaux, France). Le groupe C est apparié en âge et en sexe au groupe AS. Les critères d'inclusion sont, âge compris entre 12 et 30 ans. Les critères d'exclusion sont retard du développement du langage, TAC (critères DSM5 du TAC), déficience intellectuelle, trouble neurologique ou psychiatrique connu (sauf TDAH).

Après avoir reçu toutes les informations nécessaires sur les objectifs et le protocole de l'étude, chaque sujet (ou représentant légal, pour les enfants) a signé un consentement pour participer. L'étude est conforme aux règles éthiques de la recherche chez l'enfant et l'adulte et les expérimentations se déroulent dans une salle habilitée à la recherche biomédicale chez l'homme.

## 2.2.2. PROCEDURE EXPERIMENTALE / TECHNIQUES UTILISEES :

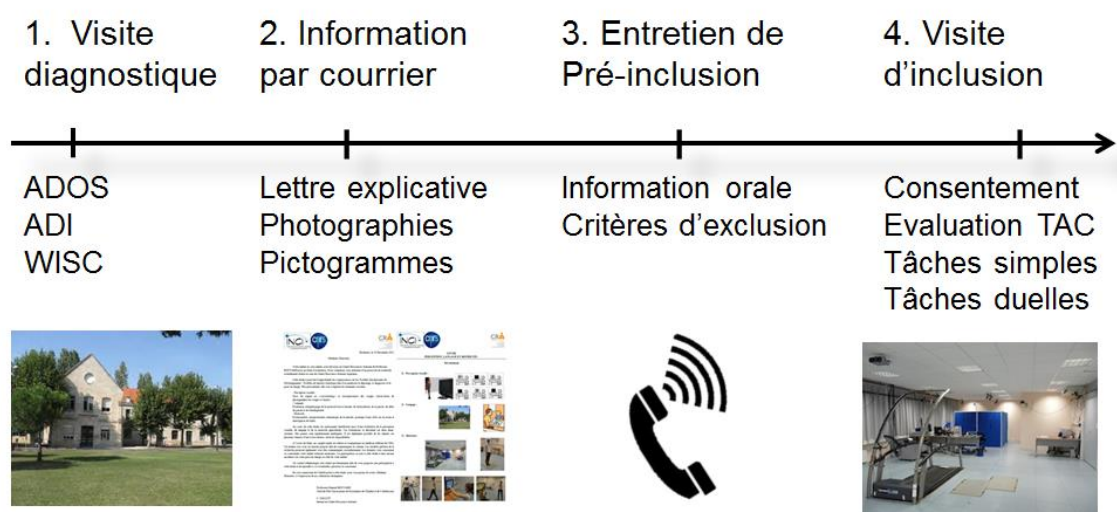


Figure 25 : Aperçu global de la procédure expérimentale

Les patients réalisent d'abord une visite diagnostique au CRA avec ADOS et ADI (les échelles de référence du diagnostics des troubles autistiques). Tous les patients bénéficient également d'une évaluation du QI. Par la suite, un courrier d'information sur l'étude leur est envoyé avec des photographies de la plateforme d'analyse du mouvement afin de diminuer l'éventuelle anxiété liée à ce nouvel outil. Un entretien de pré-inclusion est réalisé par téléphone, afin de répondre aux questions et d'évaluer les critères d'exclusion. La visite d'inclusion se déroule à la Plateforme d'Analyse du Mouvement du laboratoire du laboratoire. C'est à ce moment-là qu'est signé le consentement. Au cours d'un entretien est évalué le diagnostic de TAC cooccurrent éventuel puis le protocole expérimental se fait en deux temps, évaluation de la motricité en tâche "simple" puis évaluation de la motricité en tâche "duelle".



<b>1. Visite diagnostique (5h)*</b> <i>Lieu : CRA, Hôpital C.Perrens</i> <i>Médecins et équipe du CRA / C.Gallot</i>	-ADI-R -ADOS -WISC IV	
<b>2. Information par courrier:</b> <i>C. et S. Gallot</i>	-Envoi du courrier d'information sur l'étude avec photographies et pictogrammes pour les enfants	
<b>3. Entretien de pré-inclusion (30 min)</b> <i>Appel téléphonique / C.et S. Gallot</i>	-Information sur l'étude -Evaluation des critères d'exclusion	
<b>4. Visite d'inclusion (2h)</b> <i>Lieu : INCIA</i> <i>C.Gallot</i>	-Signature du consentement -Evaluation clinique (TAC et QTAC) -Passation des 5 tâches motrices **	

Tableau 3 : Lieux et professionnels du protocole expérimental.

\* Les sessions (1) et (2) sont seulement pour le groupe AS, les sessions 3 et 4 sont pour les 2 groupes (AS et C).

\*\* Cinq tâches motrices : Posturométrie, Marche, Pointage, Interception de balles, Tâche duelle

### *2.2.2.1. Visite diagnostique*

---

#### **L'ADI-R (AUTISM DIAGNOSTIC INTERVIEW)**

L'ADI-R est la méthode la plus utilisée en recherche pour établir ou confirmer un diagnostic d'autisme (Lord & Rutter, 1994). Il s'agit d'un entretien semi-structuré avec les parents qui permet de recueillir des informations sur la symptomatologie autistique. Trois domaines de développement sont évalués : la communication, les interactions sociales et le jeu. Cette démarche prend environ deux heures. Les résultats sont reportés dans un algorithme élaboré à partir du DSM-IV (APA, 1994). L'enfant est considéré comme relevant de l'autisme si ses notes sont supérieures au minimum établi dans les quatre domaines principaux définis par les classifications : Communication>8, Interactions sociales>12, Comportements répétitifs et stéréotypés>3, Troubles avant l'âge de trois ans>1.

#### **L'ADOS (AUTISM DIAGNOSTIC OBSERVATION SCHEDULE)**

L'ADOS permet de faire le diagnostic des troubles du spectre autistique (Lord & Rutter, 1994) en référence au DSM-IV (APA, 1994) et à la CIM-10 (OMS 1992). Il s'agit d'un entretien semi-structuré avec le patient. L'ADOS comporte 4 modules, le choix du module se faisant en fonction de critères d'âge et de développement du langage. Nous avons utilisé les modules 3 et 4, qui s'appliquent à des enfants, adolescents et adultes dont le langage est fluide à élaboré. Les résultats sont compatibles avec un diagnostic de TSA si les scores sont supérieurs au minimum établi dans le domaine de la communication (>4) et des interactions sociales (>7).

### *2.2.2.2. Visite d'inclusion*

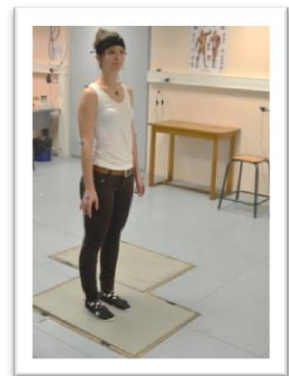
---

#### **EVALUATION DU TAC**

La suspicion de TAC était retenue si le participant présentait les deux critères suivants : un score à la QTAC (adaptation française de la DCDQ, Martini et Wilson, 2011) inférieur au score seuil (55), et le remplissage des critères DSM5 du TAC (APA, 2013) explorés au cours d'un entretien basé sur ces critères (cf partie I.1.1.2 pour la présentation de la QTAC et des critères DSM5 du TAC). On ne parle donc pas de diagnostic mais de suspicion de TAC car cette évaluation ne remplit pas les recommandations actuelles, notamment avec l'absence d'une évaluation motrice standardisée comme la MABC (Blank et al., 2012). Au cours de ce travail, pour plus de lisibilité, nous désigneront néanmoins les participants remplissant les deux critères cités précédemment comme « avec TAC ».

#### **POSTUROMÉTRIE**

**Plateforme de force :** Dans un environnement normalisé, une plate-forme (AMTI) munie de 4 capteurs de forces disposés à chaque coin enregistre la résultante des forces d'appui d'un sujet debout et « immobile ». La position du centre de pression est mesurée au fil du temps. Ce dernier est assimilable à la projection du centre de gravité lors d'une station debout habituelle. Deux examens sont incontournables : la station debout yeux ouverts et la station debout yeux fermés. Cela permet d'estimer la dépendance visuelle des sujets en comparant le maintien postural permis par la seule présence des informations vestibulaires et proprioceptives avec celui permis lorsque toutes les sources d'informations sont présentes, y compris la vision. Par extension, cela peut informer sur les entrées sensorielles privilégiées par ces sujets dans le contrôle postural et sur leurs capacités d'intégration multi-sensorielle. On peut résumer les oscillations du sujet selon un axe antéro-postérieur et selon un axe médio-latéral. L'analyse de ces oscillations permet d'identifier des perturbations du système postural, telles qu'une anomalie de la symétrie du tonus postural, une station vers l'arrière (équilibre maintenu par les tibiaux antérieurs plutôt que par les triceps), une trop faible activité tonique des triceps, ou de trop nombreuses contractions musculaires de rattrapage de la position d'équilibre. **Protocole :** Les sujets doivent rester debout, immobiles, les bras le long du corps et la tête droite (ou en position « naturelle » pour le sujet), pendant 60 secondes. Cette tâche est réalisée deux fois, une fois avec les yeux ouverts et une fois avec les yeux fermés. **Analyses du style :** Les données enregistrées en posturographie par les plateformes de forces permettent de calculer les déplacements du centre de pression (COP) à partir des forces verticales et de la position du centre de pression sous chaque pied. Ensuite, une routine développée avec le logiciel Matlab permet d'extraire les données posturographiques résumant le chancellement telles que : la surface du COP (95% COP Area, critère de jugement principal), la longueur du COP, la variabilité du COP selon les axes antéro-postérieur et médio-latéral.

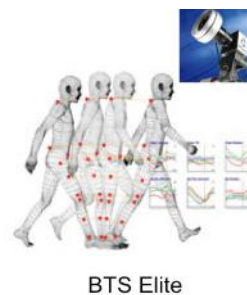


## ENREGISTREMENT CINÉMATIQUE DE LA MARCHÉ ET TÂCHES DUELLES

**Enregistrement cinématique :** La cinématique de la locomotion est enregistrée à l'aide d'un système optocinétique Elite (BTS) à 8 caméras. Il s'agit de caméras infrarouges permettant de mesurer la position de marqueurs passifs (petites sphères réfléchissantes) dans l'espace. Ainsi, 14 marqueurs sont mis en place sur les zones anatomiques d'intérêt du sujet, à



l'aide d'un adhésif double face hypoallergénique. Ces zones sont le sternum (marqueur placé en regard du manubrium sternal), les épaules (acromions), les coudes (épicondyles latéraux de l'humérus), les mains (carpes), les hanches (épine iliaques antéro-supérieures), le bas du dos (processus épineux de la 1<sup>ère</sup> lombaire), les talons (bourse calcanéenne) et les pieds (5<sup>ème</sup> métatarse). **Protocole** : Pour la marche simple, il est



demandé aux participants de réaliser trois aller-retour dans la salle (= 9 m) en marchant naturellement, comme s'ils se promenaient dans la rue. La moyenne du nombre de pas est une moyenne de l'observation directe du nombre de pas, sur une distance de 5 m pour chaque trajet. Pour les tâches duelles, la consigne est la même, en demandant au participant de faire des soustractions de 3 en 3 en partant de 99 (tâche marche-calcul) à voix haute en même temps qu'il réalise ces trajets. Pour les participants de moins de 13 ans, les soustractions étaient de 2 en 2. **Analyse du style** : Pour les tâches de locomotion, le logiciel Biomech a permis la labellisation des marqueurs enregistrés par le système optocinétique. A partir de ce modèle cinématique, les déplacements des marqueurs ont permis de calculer les paramètres spatio-temporels de la marche (routine Matlab) : cadence (nombre de pas/minute, critère de jugement principal), durée du cycle (c'est-à-dire 2 pas), longueur du cycle, durée du double appui, vitesse de la marche et largeur du pas.



#### TÂCHE DE POINTAGE VISUO-MANUEL

**Le poste de pointage** est constitué d'un plan de travail sur lequel sont fixés un bouton à effleurement (position de départ de la main) et un écran tactile. Le sujet, attend l'apparition de la cible, assis et l'index posé sur le bouton à effleurement. Lorsque la cible apparaît sur l'écran tactile, le sujet doit l'atteindre avec l'index. **Enregistrement cinématique** : La cinématique du pointage est enregistrée à l'aide d'un système optocinétique Elite (BTS) à 5 caméras. Comme pour l'enregistrement



cinématique de la marche, des marqueurs sont mis en place sur les zones anatomiques d'intérêt du sujet, à l'aide d'un ruban adhésif double face hypoallergénique. Ces zones sont le sternum, l'acromion, le coude, le poignet et l'index du bras effecteur. **Protocole** : Les participants doivent atteindre la cible « le plus vite possible » lorsqu'elle apparaît. La cible (jaune, ronde, de 10mm de diamètre, située à 34,5 cm du bouton d'effleurement) est présentée entre 1 et 3 secondes (durée aléatoire) après une « alarme » de couleur verte. La cible apparaît



toujours du même côté que l'alarme, ce qui permet de prendre en compte l'effet « priming » dans le temps de réaction, c'est-à-dire l'accélération du traitement de l'information suite à un évènement identique au stimulus à venir. **Analyse du style :**

Pour le pointage, les paramètres suivants ont été extraits grâce au logiciel Matlab : temps de réaction (temps entre l'apparition de la cible et décolllement du doigt), temps du mouvement (temps entre le décolllement du doigt et le touché de l'écran, critère de jugement principal), erreur spatiale (distance entre la position du doigt sur l'écran et le centre de la cible, erreur en X et en Y).



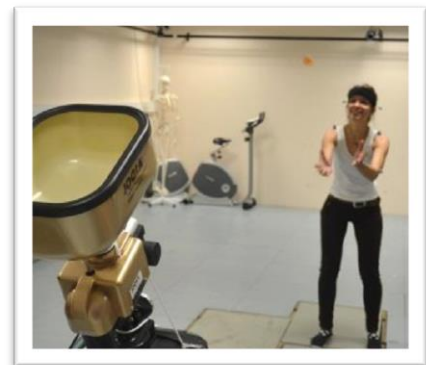
#### TÂCHE D'INTERCEPTION

**Lanceur automatique de balles de ping-pong :** afin de standardiser au maximum l'envoi des balles de ping-pong à rattraper, un robot automatique lanceur de balles est utilisé. Ainsi, la vitesse de la balle est la même pour tous les participants, ainsi que la distance de passage de la balle par rapport au participant (50 cm en avant du milieu du corps).

**Enregistrement cinématique :** La cinématique de l'interception est enregistrée à l'aide d'un système opto-cinétique Elite (BTS) à 8 caméras. Les zones d'intérêt des marqueurs sont les même que pour l'enregistrement cinématique de la

marche, avec un marqueur supplémentaire situé sur la balle. **Plateforme de force :** de la même façon que pour la posturométrie de la station debout, une plate-forme (AMTI) munie de 4 capteurs de forces disposés à chaque coin enregistre la résultante des forces d'appui du sujet.

**Protocole :** il est demandé aux participants de rattraper les 10 balles envoyées séparément (avec un intervalle minimum de 20 secondes entre chaque balle). **Analyse :** le taux d'erreur a été calculé à partir de l'observation du nombre de balles non rattrapées sur 10 envois.





## 2.3. RESULTATS

### 2.3.1. POPULATION :

Au total, vingt-huit enfants âgés de 12 à 30 ans (24 garçons et 4 filles) ont été inclus dans l'étude.

**Le groupe C** comprend 14 participants (12 garçons et 2 filles), âgés de 19,6 ans en moyenne. En réalité, quinze participants contrôles ont réalisé le protocole. En effet, un participant contrôle a été exclu de l'analyse des résultats et remplacé par un autre participant car il présentait les critères de TAC selon le DSM5. L'analyse est donc réalisée sur 14 participants. Un participant C présente un diagnostic de TDAH antérieur à l'étude. Les deux populations sont appariées en âge et en sexe, permettant une meilleure comparabilité des résultats. Les caractéristiques des sujets sont décrites dans le tableau.

**Le groupe AS** est constitué de 14 participants de 12 à 30 ans, deux filles et 12 garçons avec une moyenne d'âge de 20,1 ans. Lors de l'inclusion, deux participants du groupe AS prenaient un traitement antipsychotique pouvant altérer la vigilance. Deux participants AS présentent également un diagnostic comorbide de Trouble du Déficit de l'Attention avec Hyperactivité (TDAH) antérieur à l'étude.

	Âge		Ratio Homme/Femme	Ratio TAC/Non-TAC
	Moyenne (SD)	Ecart		
<b>C (n= 14)</b>	19,6 ans (5,4)	12 à 29,5 ans	12/2	0/14
<b>AS (n=14)</b>	20,1 ans (6,6)	12 à 30 ans	12/2	7/7

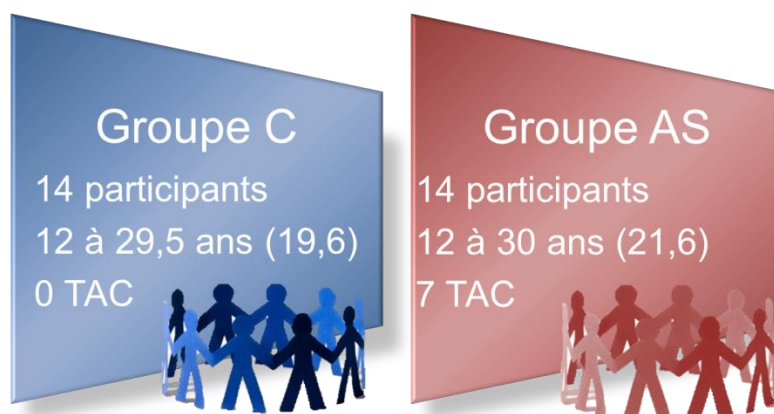
Tableau 5: Caractéristiques des participants des groupes C et AS

Au total, sept participants du groupe AS présentent une suspicion de TAC (sous-groupe ASTAC) et sept ne remplissent pas les critères de TAC (sous-groupe AS non TAC). En effet, les parents reportaient la présence d'un Trouble de l'Acquisition des Coordination (TAC) à 10 ans pour 10 des participants AS selon la QTAC (score <55). L'entretien conjoint parents-enfants (ou participant seul pour les adultes) évaluant les critères de TAC selon les critères du DSM-IV retrouve tous les critères de TAC (développementaux et actuels) chez sept d'entre eux.

	Âge		Ratio Homme/Femme
	Moyenne (SD)	Ecart max	
<b>AS non TAC (n= 7)</b>	20.5 ans (6.9)	12 à 30 ans	7/0
<b>AS TAC (n=7)</b>	19.1 ans (7.0)	12 à 28 ans	5/2

Tableau 6 : Caractéristiques des participants du groupe AS en sous-groupes TAC ou non TAC

## 2.3.2. COMPARAISON DES PERFORMANCES MOTRICES ENTRE LE GROUPE C ET LE GROUPE TSA



### 2.3.2.1. Posturométrie

#### TACHE DE STATION DEBOUT LES YEUX OUVERTS

	C	AS	Valeur de p
Aire du COP 95% (mm <sup>2</sup> )	158,26 (42,13)	525,76 (140,20)	0,056
Ecart type latéral (mm)	4,99 (0,52)	9,84 (2,43)	0,062

**Tableau 7: Posturométrie avec les yeux ouverts. Moyennes (Erreurs Standard ES) et valeurs de p pour la comparaison entre les groupes C et AS, pendant la tâche de "station debout avec les yeux ouverts". Test t de Student.**

On note une tendance à la baisse des performances pour la tâche de station debout avec les yeux ouverts mais on ne retrouve pas de différence significative entre le groupe AS et le groupe C (cf tableau), pour le critère de jugement principal (aire du COP95%) comme pour les autres variables analysées telles que la distance parcourue par le COP et la variabilité du COP selon l'axe antéro-postérieur et médio-latéral ( $p > 0,05$ ). Néanmoins, on note une tendance à la significativité.

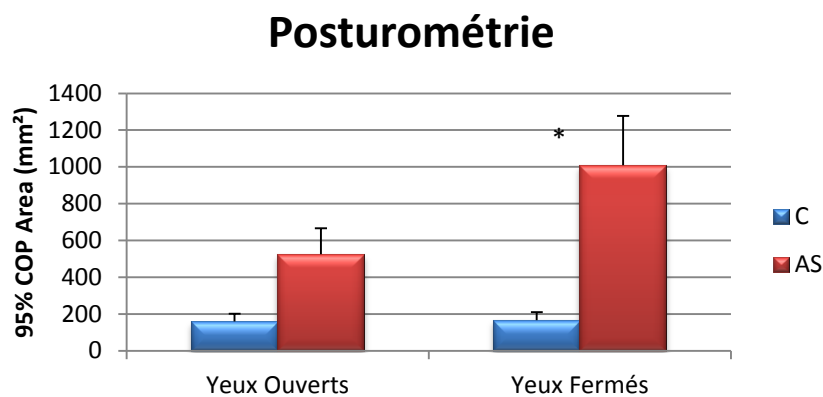
#### TACHE DE STATION DEBOUT LES YEUX FERMES

	C	AS	Valeur de p
Aire du COP 95% (mm <sup>2</sup> )	165, 93 (44,25)	1008,64 (268,8)	0,014*
Ecart type latéral (mm)	5,27 (0,29)	11,61 (1,89)	0.002**

**Tableau 8: Posturométrie avec les yeux fermés. Moyennes (ES) et Valeur de p pour la comparaison entre les groupes C et AS, pendant la tâche de "station debout avec les yeux fermés". \* $p < 0,05$  \*\* $p < 0,001$ . Test t de Student.**

Dans la condition yeux fermés, la surface du COP95% est significativement plus grande chez les personnes avec syndrome d'Asperger ( $p = 0,014$ ). Cela est également vrai pour les autres variables mesurées en posturométrie, telle que la distance parcourue par le COP et la variabilité du COP selon l'axe antéro-postérieur et médio-latéral ( $p < 0,05$ ).

A noter, au sein du groupe AS, lorsque l'on compare l'aire du COP95% de la tâche YO versus celle de YF (test t de student apparié), on retrouve une différence significative ( $p=0,0043$ ). Cette baisse significative de l'équilibre entre « yeux ouverts » et « yeux fermés » n'est pas retrouvée dans la population contrôle ( $p=0,91$  pour le COP par exemple). Les résultats de la posturométrie sont résumés dans la figure 6.



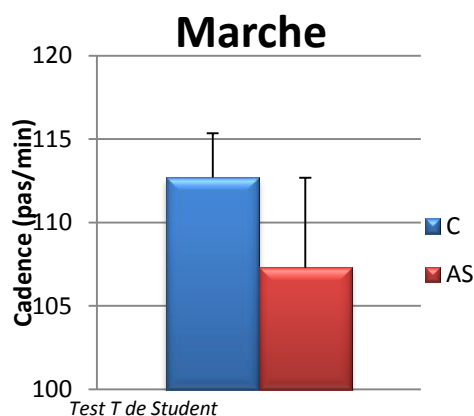
*Test T de Student*  
**Figure 27: Récapitulatif des résultats de posturométrie. Illustration des comparaisons entre le groupe Asperger et le groupe contrôle au cours des 2 tâches de posturométrie (yeux ouverts et yeux fermés), avec l'exemple de l'aire à 95% du Centre de Pression (COP) Test t de Student. \* $p<0,05$ .**

#### 2.3.2.2. Marche :

	C	AS	Valeur de p
Cadence (pas/min)	112,7 (2,66)	107,3 (5,39)	0,41
Nombre de pas	9,367 (0,27)	9,611 (0,41)	0,61

**Tableau 9 : Analyse cinématique de la marche simple. Moyennes (erreurs standards) et valeur de p pour la comparaison entre les groupes contrôle et syndrome d'Asperger, pendant la tâche de « marche simple ». Test t de Student.**

On ne retrouve pas de différence significative pour les paramètres de marche simple dans les 2 groupes, pour les variables analysées (nombre de pas, cadence, durée et longueur du cycle, durée du double appui, vitesse de marche, largeur du pas). Par exemple, la valeur de p pour le nombre de pas et la cadence en marche simple est de 0,61 et de 0,41 respectivement (cf tableau 5 et figure 7).



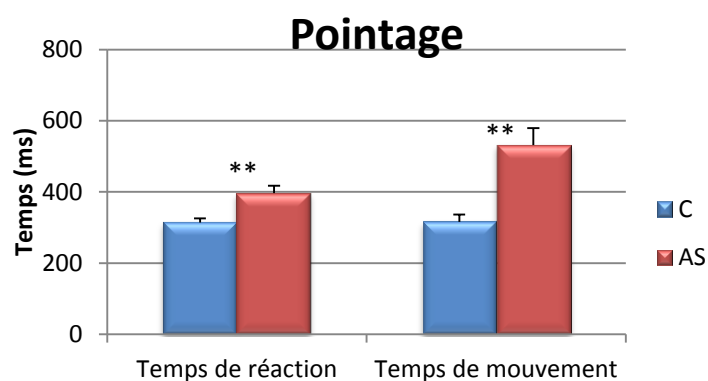
**Figure 28 : Récapitulatif des résultats de cinématique de la marche simple, illustrés par la cadence (pas/min). Test t de Student.**

### 2.3.2.3. Pointage :

	C	AS	Valeur de p
Erreur spatiale	4,83 (0,82)	4,13 (0,54)	0,486
Temps de réaction	314,18 (10,99)	396,59 (21)	0,002**
Temps de mouvement	315,64 (20,74)	531,19 (48,21)	0,001**

**Tableau 10 : Performances de pointage. Moyennes (erreurs standards) et valeur de p pour la comparaison entre les groupes contrôle et syndrome d'Asperger, pour les performances de la tâche de pointage. \*\*p<0,01**

On ne retrouve pas de différence significative pour la précision spatiale du pointage de la cible. Par contre, au niveau de la vitesse de planification (temps de réaction) et de la vitesse d'exécution (temps de mouvement) du pointage, le groupe AS présente une baisse des performances (cf tableau 6 et figure 8). En conclusion, la vitesse de pointage est altérée chez les personnes avec AS. Nous ne retrouvons pas de différence significative pour la précision spatiale.



**Figure 29: Comparaison des performances de vitesse de pointage du groupe AS versus le groupe C. Test t de Student. \*\*p<0.01**

### 2.3.2.4. Interception de balles

	C	AS	Valeur de p
Nombre de balles non-rattrapées sur 10	0,81 (0,319)	2,86(0,417)	0,001**

**Tableau 11: Performances d'interception. Moyennes (erreurs standards) et valeur de p pour la comparaison du groupe contrôle versus le groupe avec syndrome d'Asperger, pour les performances d'interception. Test t de Student. \*\*p<0,01**

Le groupe avec Syndrome d'Asperger montre une difficulté significative (p=0,001) pour rattraper les balles lors de la tâche d'interception, avec en moyenne 0,81 balles rattrapées pour le groupe C versus 2,86 pour le groupe SA (cf tableau et figure).

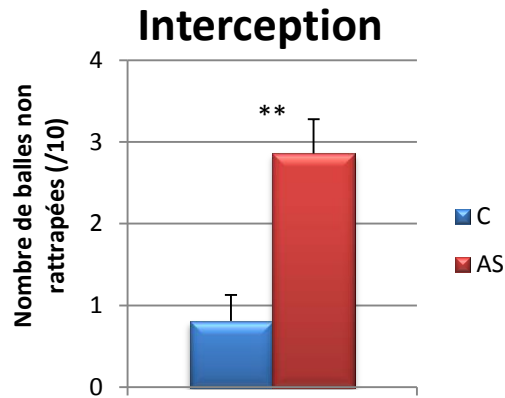


Figure 30 : Comparaison des performances d'interception du groupe AS vs le groupe C. Test t de Student.  $p < 0.01$

#### 2.3.2.5. Impact des tâches duelles sur la marche :

	C	AS	Valeur de p
Marche & Calcul (pas/min)	103,30 (5,11)	80,65 (7,09)	0,01*

Tableau 12 : Cinématique de la marche en tâche duelle. Moyennes de la cadence (erreurs standards) et valeur de p. Test t de Student. \* $p < 0,05$

Le groupe avec syndrome d'Asperger a plus de difficultés à réaliser une tâche cognitive en même temps que la marche. En effet, la cadence est significativement inférieure à celle des contrôles lorsqu'ils effectuent des tâches de calcul mental ( $p = 0,01$ ) (cf tableau). Ce profil est similaire pour la plupart des autres variables analysées (durée et longueur du cycle, durée du double appui, vitesse de marche, largeur du pas). Les personnes avec Syndrome d'Asperger semblent donc présenter une plus grande difficulté à la marche (lenteur, petits pas, élargissement de la base de support) lorsqu'ils doivent réaliser une tâche cognitive simultanément (cf figure) par rapport aux contrôles.

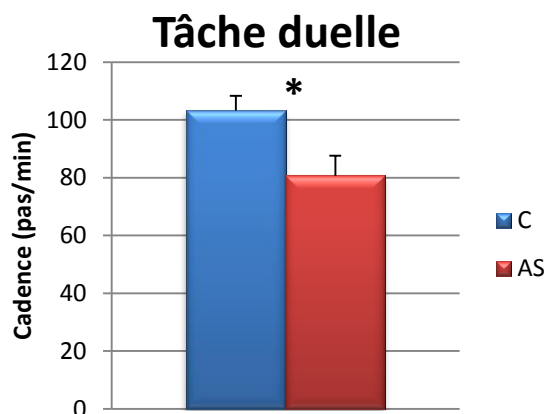


Figure 31 : Résultats de la cinématique de la marche en tâche duelle. Cadence et erreur standard. Test t de Student. \*  $p < 0.05$



### 2.3.2.6. Conclusion :

	C	AS	Valeur de p
<b>Posturométrie</b> : Aire du COP 95% (mm <sup>2</sup> )	158,26 (42,13)	525,76 (140,20)	0,056
<b>Marche simple</b> : Cadence (pas/min)	112,7 (2,66)	107,3 (5,39)	0,41
<b>Pointage</b> : Temps de mouvement (ms)	315,64 (20,74)	531,19 (48,21)	0,001**
<b>Interception</b> : Nb de balles non-rattrapées (/10)	0,81 (0,319)	2,86(0,417)	0,001**
<b>Tâche duelle calcul</b> : Cadence (pas/min)	103,30 (5,11)	80,65 (7,09)	0,01*

Tableau 13 : Performances motrices pour les cinq tâches. Moyennes (Erreurs standards ES) et valeurs de p. Test t de Student. \*p<0.05 \*\*p<0.001

Pour conclure lorsque l'on compare le groupe AS au groupe C, on retrouve une diminution des performances dans les cinq tâches pour le groupe AS, mais elle n'est pas significative pour la posturométrie yeux ouverts et la marche (voir tableau et figure). Pour la posturométrie, même si la différence n'est pas significative, la surface du COP tend à être plus importante en station debout pour les participants avec AS (p=0,056). On observe le même profil pour les autres paramètres de chancellement. La cadence de la marche tend à la baisse chez les personnes avec AS mais celle-ci n'est pas significative. Il en est de même pour les autres paramètres (exploratoires) de la marche. Le temps de mouvement est significativement plus important chez les personnes avec syndrome d'Asperger. De même pour le temps de réaction, alors que la précision spatio-temporelle n'est pas altérée (elle tend même vers une légère amélioration). Les performances d'interception sont également significativement diminuées avec un nombre de balle non rattrapé plus important chez les personnes avec syndrome d'asperger. Enfin les paramètres de marche sont altérés chez les personnes avec AS lors de la réalisation de tâches duelles avec une diminution significative de la cadence. Le même profil est observé pour les autres paramètres (exploratoires) de la marche en tâche duelle.

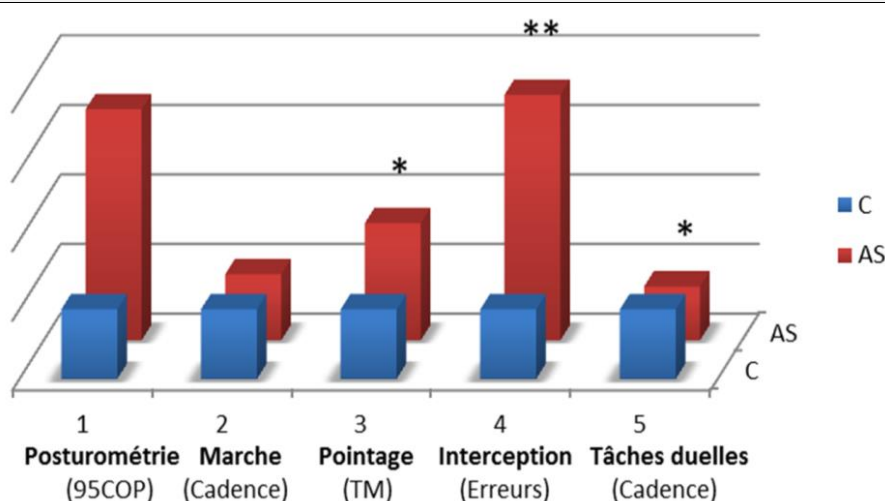
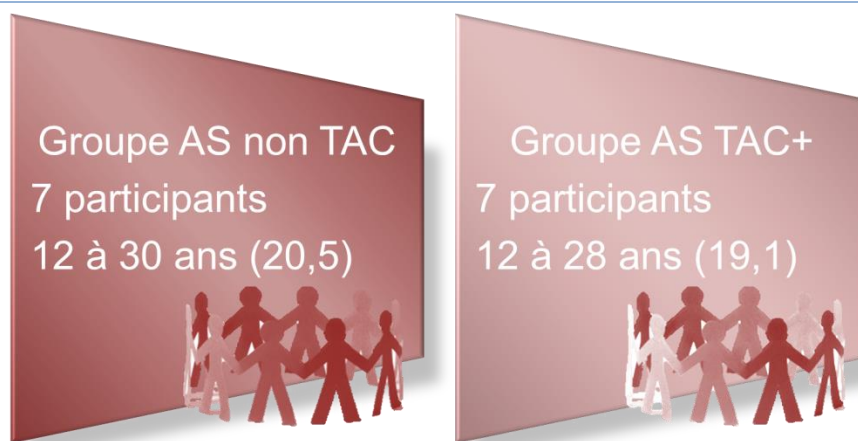


Figure 32 : Résumé des résultats pour les performances motrices des personnes avec AS par rapport aux contrôles. Pour faciliter la visualisation, nous avons représenté les résultats des 5 critères de jugement sur un même graphique, avec en bleu les résultats du groupe contrôle normés à 1 et en rouge ceux du groupe asperger (en valeur relative).

### 2.3.3. COMPARAISON ENTRE LE GROUPE TSA-NON TAC ET LE GROUPE TSA-TAC



Pour le deuxième volet de notre étude sur la comparaison des performances motrices entre les sous-groupes AS sans ou avec TAC, les recrutements en sont actuellement à 7 participants par groupe. Les résultats présentés sont donc des résultats préliminaires.

#### 2.3.3.1. Posturométrie

	Non TAC	TAC	Valeur de p
<b>Posturométrie : Aire du COP 95% (mm<sup>2</sup>)</b>	495	522	0,99

Tableau 14 : Posturométrie en station debout avec les yeux ouverts. Médianes et valeurs de p pour la comparaison entre les groupes AS avec ou sans TAC, pendant la tâche de "station debout avec les yeux ouverts".

On note une tendance à la baisse des performances pour la tâche de station debout avec les yeux ouverts pour les participants AS avec TAC mais on ne retrouve pas de différence significative par rapport au groupe AS sans TAC (cf tableau), pour le critère de jugement principal (aire du COP95%).

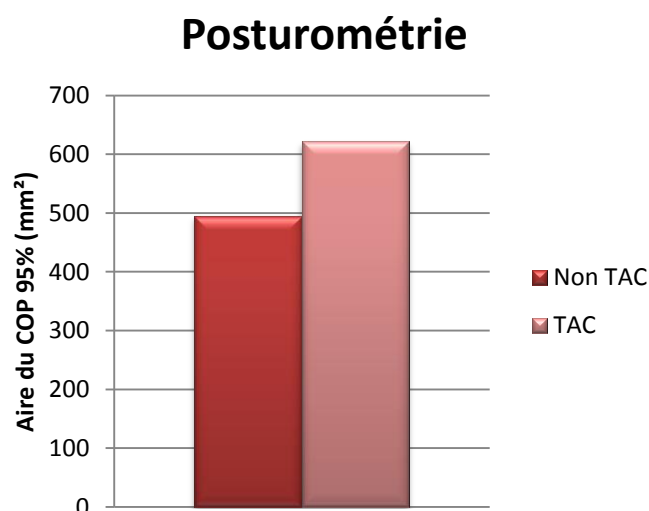


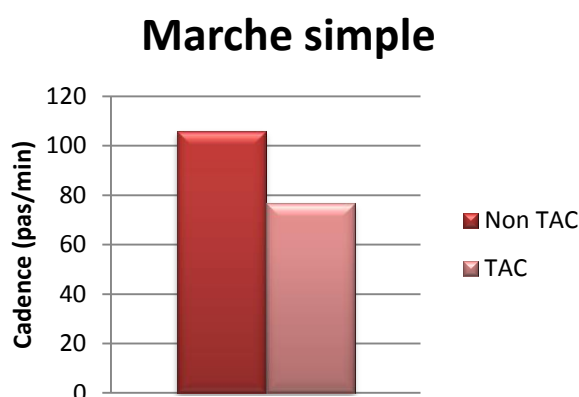
Figure 33 : Posturométrie en station debout avec les yeux ouverts. Comparaison des médianes entre les groupes AS avec ou sans TAC. Test de Mann-Whitney

### 2.3.3.2. Marche

	Non TAC	TAC	Valeur de p
<b>Marche simple : Cadence (pas/min)</b>	106	77	0,73

**Tableau 15 :** Marche simple. Médiane et valeurs de p pour la comparaison entre les groupes AS sans TAC et AS avec TAC. Test de Mann-Whitney

On ne retrouve pas de différence significative pour la cadence de la marche simple dans les 2 groupes, mais elle tend à la diminution dans le sous-groupe avec TAC (cf tableau et figure).



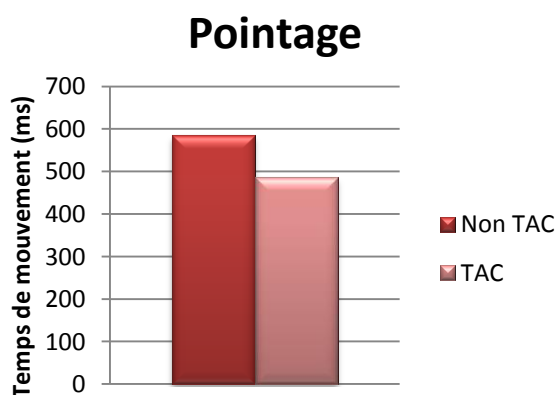
**Figure 34 :** Cinématique de la marche simple pour le groupe AS sans TAC versus AS avec TAC, Médiane de la cadence (pas/min). Test de Mann-Whitney.

### 2.3.3.3. Pointage

	Non TAC	TAC	Valeur de p
<b>Pointage : Temps de mouvement (ms)</b>	585,8	487,4	0,52

**Tableau 16 :** Performances de pointage du groupe AS sans TAC versus le groupe AS avec TAC. Médianes du temps de mouvement et valeur de p. Test de Mann-Whitney.

Au niveau de la vitesse d'exécution (temps de mouvement) du pointage, on ne retrouve pas de différence significative entre le groupe TAC et le groupe non TAC (voir tableau), avec une différence faible (101,6 ms) entre les médianes des temps de mouvement des deux groupes.



**Figure 35 :** Performances de pointage du groupe AS sans TAC versus AS avec TAC. Médianes du temps de mouvement. Test de Mann-Whitney

### 2.3.3.4. Interception de balle

	Non TAC	TAC	Valeur de p
<b>Interception : Nb de balles non-rattrapées (/10)</b>	2	4	0,09

Tableau 17 : Performances d'interception du groupe AS sans TAC versus le groupe AS avec TAC. Médianes du nombre de balles non rattrapées et valeur de p. Test de Mann-Whitney.

On retrouve une tendance à la baisse des performances de rattrapage de balle chez les personnes AS avec TAC en comparaison avec les performances du groupe AS sans TAC, avec en moyenne quatre balles non rattrapées à la place de deux.

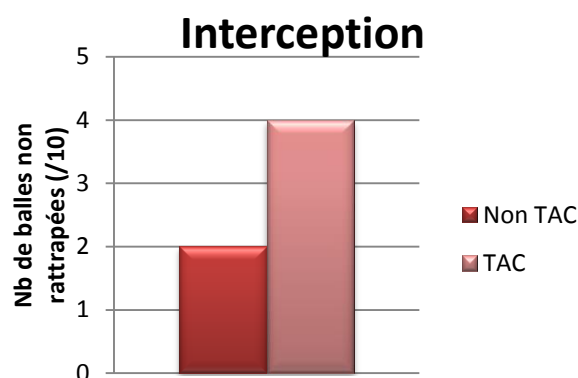


Figure 36 : Performance d'interception du groupe AS sans TAC versus le groupe AS avec TAC. Médianes du nombre de balles non rattrapées. Test de Mann-Whitney.

### 2.3.3.5. Tâche duelle

	Non TAC	TAC	Valeur de p
<b>Tâche duelle calcul : Cadence (pas/min)</b>	99	81	0,46

Tableau 18 : Cinématique de la marche en tâche duelle calcul pour le groupe AS sans TAC, versus AS avec TAC. Médiane de la cadence. Test de Mann-Whitney.

Le groupe avec TAC tend à avoir plus de difficultés à maintenir le rythme de marche pendant la tâche cognitive de calcul que le groupe non TAC. En effet, la cadence est plus basse lorsqu'ils font l'exercice de calcul mental mais cette diminution n'est pas significative ( $p=0,46$  ; cf tableau). Les personnes avec Syndrome d'Asperger semblent donc présenter une plus grande difficulté à la marche (lenteur, petits pas, élargissement de la base de support) lorsqu'ils doivent réaliser une tâche cognitive simultanément (cf figure) par rapport aux contrôles.

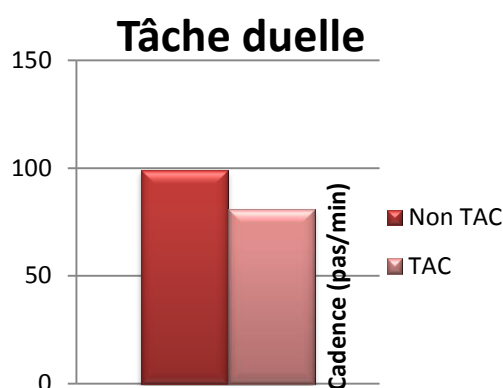


Figure 37 : Cinématique de la marche en tâche duelle calcul pour le groupe AS sans TAC versus AS avec TAC. Médiane de la cadence. Test de Mann-Whitney.

### 2.3.3.6. Conclusion :

	Non TAC	TAC	Valeur de p
<b>Posturométrie</b> : Aire du COP 95% (mm <sup>2</sup> )	495	522	0,99
<b>Marche simple</b> : Cadence (pas/min)	106	77	0,73
<b>Pointage</b> : Temps de mouvement (ms)	585,8	487,4	0,52
<b>Interception</b> : Nb de balles non-rattrapées (/10)	2	4	0,09
<b>Tâche duelle calcul</b> : Cadence (pas/min)	99	81	0,46

Tableau 19 : Performances motrices des personnes AS avec TAC, en comparaison avec les personnes AS sans TAC. Médianes pour chacune des cinq tâches et valeur de p. Test de Mann-Whitney.

**Pour conclure**, les résultats présentés dans cette deuxième partie sont les résultats préliminaires pour la **comparaison des sous-groupes avec ou sans TAC au sein du groupe AS**. En effet, les recrutements n'en sont qu'à 7 participants par sous-groupe. Lorsque l'on compare le sous-groupe AS non TAC au sous-groupe AS TAC, il semble que la tendance est à la diminution des performances dans quatre tâches sur cinq pour le groupe TAC, mais elle n'est pas significative (voir tableau et figure ci-contre). Ainsi, les performances de posturométrie, marche simple, interception et marche duelle semblent diminuées chez les personnes avec TAC par rapport aux non TAC.

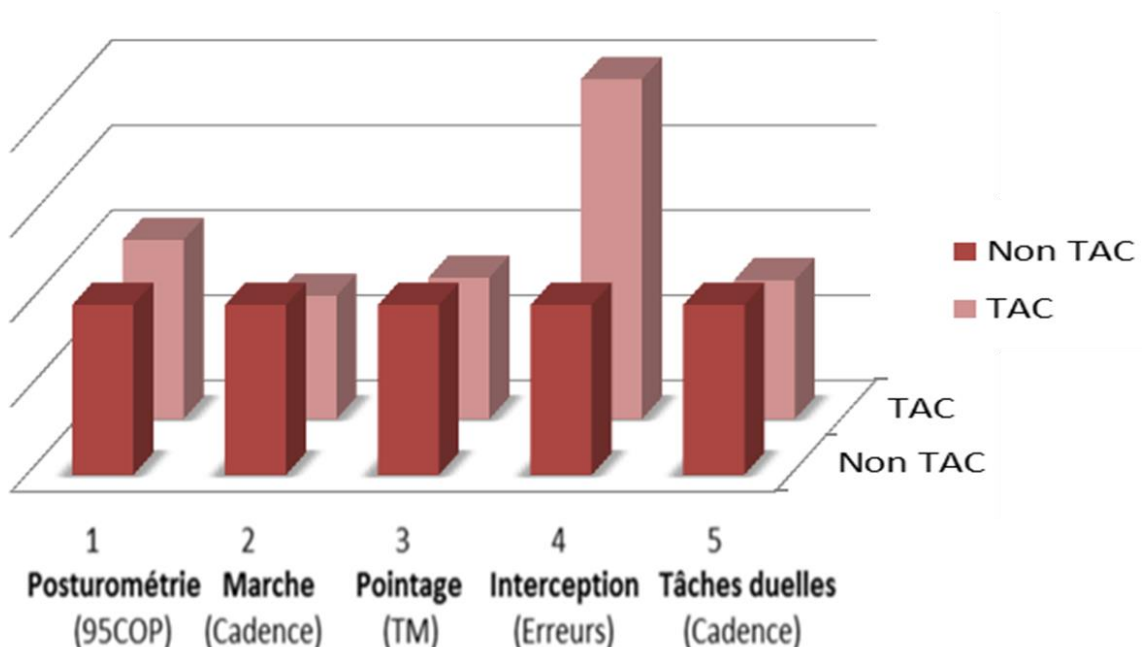


Figure 38 : Performances motrices des personnes AS avec TAC, en comparaison avec les personnes AS sans TAC. Pour faciliter la visualisation, les médianes du groupe non TAC pour chacune des cinq tâches ont été normées à 1. Les résultats du groupe non TAC est donc en valeur relative. Test de Mann-Whitney.

### 2.3.4. RECHERCHE DE FACTEURS DE CONFUSION

Afin de limiter les **biais de confusion**, nous avons apparié les sujets en sexe et en âge mais nous avons également vérifié si les résultats aux tâches motrices pouvaient être corrélés à d'autres facteurs de confusion (corrélations de Pearson). On ne retrouve pas d'amélioration des performances avec l'âge dans le groupe AS, on observe même un ralentissement du pointage en vieillissant (corrélations de Pearson=0,558 avec  $p=0,038^*$ ) qui n'est pas retrouvé dans le groupe C. Dans les deux groupes, on ne retrouve pas d'influence significative de la pratique du sport (h/sem), du poids ou de la taille.

	POSTUROMETRIE YO (95%COF Area)		MARCHE (Cadence)		POINTAGE (Tps de Mouvement)		INTERCEPTION (Nb de balles manquées)	
	AS	C	AS	C	AS	C	AS	C
Age (ans)	-0.348 (0.223)	0.229 (0.394)	-0.523 (0.143)	0.272 (0.515)	<b>0.558*</b> <b>(0.038)</b>	-0.401 (0.123)	0.381 (0.179)	0.234 (0.384)
Poids (kg)	-0.059 (0.872)	-0.384 (0.244)	-0.508 (0.245)	-0.536 (0.215)	0.128 (0.724)	-0.259 (0.443)	-0.024 (0.948)	0.240 (0.477)
Taille (m)	-0.001 (0.999)	-0.053 (0.851)	-0.277 (0.595)	-0.449 (0.264)	0.195 (0.588)	-0.324 (0.239)	-0.347 (0.326)	-0.056 (0.843)
Sport (h/sem)	-0.439 (0.204)	-0.211 0.433	0.200 (0.606)	-0.379 (0.355)	-0.253 (0.383)	-0.001 (0.996)	0.263 (0.364)	-0.462 (0.071)

Tableau 20 : Corrélations de Pearson (Sig. Bilatérale) pour les facteurs de confusion potentiels.

Il est intéressant de noter que, pour les personnes avec AS, il n'y a pas de corrélation significative entre l'âge et le nombre des pas (donc la taille du pas). De même, on ne retrouve pas de corrélation significative entre la taille du participant et son nombre de pas. Plus attendu, chez les contrôles, le nombre de pas diminue avec l'âge (corrélations de Pearson=0.588\*, sig.bilatérale=0.021) et la taille (corrélations de Pearson=-0.729\*\*, sig.bilatérale=0.003).

### 2.3.5. RECAPITULATIF

**Pour conclure lorsque l'on compare le groupe AS au groupe C**, on retrouve une diminution des performances dans les cinq tâches pour le groupe AS, mais elle n'est pas significative pour la posturométrie yeux ouverts et la marche. Ainsi, les performances de posturométrie et marche tendent à diminuer, et les performances de pointage, d'interception et de tâche duelle sont significativement diminuées chez les personnes avec TSA. En conclusion nous observons une altération non significative de la motricité de pour les tâches bas niveau, une altération significative de la motricité pour les tâches de haut niveau et une altération significative de la motricité lors des tâches duelles.

Les résultats de la deuxième partie de l'étude sont les résultats préliminaires (sept participants par sous-groupe). **Lorsque l'on compare le sous-groupe AS non TAC au sous-groupe AS TAC**, il semble que la tendance est à la diminution des performances dans quatre tâches sur cinq pour le groupe TAC, mais elle n'est pas significative. Ainsi, les performances de posturométrie, marche simple, interception et marche duelle semblent diminuées chez les personnes avec TAC par rapport aux non TAC.

Les résultats peuvent être récapitulés de la façon suivante :

	Comparaisons	Variable	Résultats
<b>1. Performances motrices des personnes avec AS par rapport aux personnes de développement typique</b>			
Posturométrie	AS vs C	AireCOP95	Baisse équilibre pour AS (tendance pour YO, *pour YF)
Marche	AS vs C	Cadence	Tendance baisse cadence pour AS
Interception	AS vs C	Nb erreurs	*Baisse performances pour AS
Pointage	AS vs C	Tps Mvmt	*Baisse vitesse de pointage pour AS
Tâche duelle	AS vs C	Cadence	*Baisse cadence de marche pour AS (calcul)
<b>2. Performances motrices des personnes AS avec TAC par rapport à celle qui n'ont pas de TAC</b>			
Posturométrie	TAC vs nTAC	AireCOP95	Tendance à la baisse de l'équilibre pour TAC
Marche	TAC vs nTAC	Cadence	Tendance à la baisse de cadence pour TAC
Interception	TAC vs nTAC	Nb erreurs	Tendance à la baisse des performances pour TAC
Pointage	TAC vs nTAC	Tps Mvmt	Tendance à la baisse du temps de pointage pour TAC
Tâche duelle	TAC vs nTAC	Cadence	Tendance à la baisse de cadence pour non TAC

**Tableau 21 : Récapitulatif des résultats. \*différence statistiquement significative (p<0.05)**



## 2.4. DISCUSSION

---

### 2.4.1. APPORTS ET LIMITES :

---

#### 2.4.1.1. Apports

---

Avant tout, cette étude est une **étude de faisabilité**. Elle a montré que les analyses de la motricité en laboratoire d'analyse du mouvement étaient réalisables dans la population autistique, dès l'âge de 12 ans. Malgré les réticences de [Fournier et al. \(2010\)](#) pour l'application de marqueurs sur la peau des enfants avec TSA, celle-ci a été bien tolérée par tous les participants de l'étude. Notre groupe ne diffère pas de la population AS en terme de handicap fonctionnel moteur (50% de TAC). Contrairement aux études [Molloy et al. \(2003\)](#) et [Rinehart et al. \(2006\)](#), on ne retrouve pas de différence significative pour les performances de motricité de bas niveau telles que la station debout avec les yeux ouverts et la marche simple, cependant, la différence est forte et le résultat tend vers la significativité. Par ailleurs, les difficultés sont clairement importantes en motricité volontaire (pointage, interception et tâches duelles) donc semblent avoir surtout une implication centrale. On peut ainsi identifier des biomarqueurs objectifs, automatisés et reproductibles pour cette population : difficultés significatives à tenir la station debout avec les yeux fermés, à réaliser des tâches duelles, à pointer rapidement et à rattraper des balles.

Au niveau de l'équilibre en **posturométrie**, les personnes avec Syndrome d'Asperger ont bien un profil moteur différent des personnes avec développement typique. Alors qu'ils ne semblent pas avoir de difficulté majeure pour tenir debout sans bouger les yeux ouverts, ils ont un chancellement plus important que les contrôles lorsqu'ils ferment les yeux. L'hypothèse d'une « réponse paradoxale à la suppression de la vision » dans les TSA ([Kohen-Raz et al., 1992](#)) ne semble donc pas être confirmée par notre étude. Ces résultats sont en concordance avec l'étude de [Molloy et al., 2003](#) qui retrouve cette grande dépendance à l'input visuel chez les personnes avec TSA. Ce profil d'aggravation avec les yeux fermés est également retrouvé chez les personnes avec TAC ([Wilson et al., 2013](#)). Il est intéressant de noter qu'au niveau développemental, on retrouve une phase physiologique, où les enfants neuro-typiques entre 7 et 9 ans ont un contrôle visuel prédominant sur la proprioception. Cette phase visuo-dépendante précède la phase d'intégration des systèmes visuo-proprioceptifs qui, elle, a lieu entre 9 et 11 ans ([Hay, 1981](#)). Pour une approche plus théorique, cette asymétrie entre proprioception et vision nous permet d'évoquer la difficulté d'intégration sensori-motrice retrouvée dans l'autisme dans de nombreuses études (voir [Gowen et Hamilton, 2013](#), pour une revue). Ainsi, certains auteurs avancent un défaut d'intégration principalement entre

le vestibule et les autres systèmes afférents (proprioception et vision, [Greffou et al., 2012](#)). Plus globalement, cette approche théorique se rapproche des deux principaux modèles d'intégration sensorielle atypique dans l'autisme : Défaut de Cohérence Centrale ([Happe et Frith, 2006](#)) et Sur-fonctionnement Perceptif ([Mottron et al., 2006](#)).

Au niveau de la **marche**, on observe une tendance à la diminution de la cadence mais nos résultats ne nous permettent pas de conclure à une différence significative chez les personnes avec AS, à la différence de certains résultats. Cela est peut être expliqué en partie par le plus grand âge de notre population par rapport aux études qui retrouvent une différence ([Nobile et al., 2011](#) ; [Calhoun et al., 2010](#) ; [Vernazza et al., 2005](#)). De plus notre analyse ne cible pas toutes les difficultés potentielles de marche des personnes avec TSA (cf limites). Néanmoins, ce n'est pas la première étude ne retrouvant pas d'altération de la marche au niveau des paramètres basiques de cinématique de la marche ([Chester et al., 2012](#)). D'un point de vue théorique, cette étude nous suggère un peu plus que les deux hypothèses traditionnelles pour la marche semblent obsolètes dans l'autisme : celle d'une « marche à petit pas » parkinsonnienne franche en lien avec un dysfonctionnement des ganglions de la base ([Vilensky et al., 1981](#)) et celle d'une ataxie cérébelleuse en lien avec un dysfonctionnement cérébelleux ([Hallet et al., 1993](#)). Un autre élément intéressant est la tendance à augmentation du coefficient de variation des différents paramètres de la marche ce qui est en accord avec la littérature et avec l'hypothèse de [Gowen et Hamilton \(2013\)](#).

Pour la tâche de **pointage**, nous retrouvons une altération des vitesses de planification et d'exécution du mouvement chez les personnes avec autisme, en accord avec les études de [Glazebrook et al. \(2008\)](#) et [Nazarrali et al. \(2009\)](#) avec une précision spatiale conservée. De même, les performances d'interception sont altérées pour le groupe AS. Le ralentissement de l'initiation, de la planification et de l'exécution du mouvement peut évoquer un dysfonctionnement des circuits fronto-striataux, comme le suggère [Nazzarali et al. \(2009\)](#). De nombreux auteurs avancent le diagnostic de dyspraxie gestuelle chez les personnes avec TSA ([Minschew et al., 1997](#) ; [Rinehart et al., 2001](#)).

De même, pour l'**interception** de balles, les performances motrices sont significativement diminuées, ce qui est classiquement décrit chez les personnes avec autisme. Dans tous les cas, cet impact majeur du TSA sur les performances, lors des tâches complexes nécessitant une intégration sensori-motrice importante, sont en faveur du déficit d'orchestration des mouvements intentionnels avancé par [Cattaneo et al. \(2007\)](#).

A notre connaissance, une seule étude avait déjà examiné le profil de marche des personnes avec TSA lors de **tâches duelles** (Nayate et al., 2011). Nos résultats confirment ceux de cette étude, avec un impact important du calcul sur la marche. Ainsi, un mouvement même très automatique comme la marche semble nécessiter des ressources cognitives importantes chez les personnes avec autisme puisqu'il leur est difficile de maintenir la cadence lorsqu'ils calculent. Comme Nayate et al. (2011), on peut donc suggérer que cette difficulté à réaliser la tâche duelle serait un reflet du dysfonctionnement du traitement des informations complexes des personnes avec TSA, également retrouvé chez les personnes avec TAC. Faisant partie de l'équipe de Rinehart, Nayate met également ses résultats en lien avec leur hypothèse de dysfonctionnement fronto-striatal dans l'autisme. De même, ces résultats sont en accord avec les modèles de Mottron et al. (2006) et Frith (Happé et Frith 2006). L'approche computationnelle des troubles moteurs dans l'autisme présentés par Gowen et Hamilton (2013) nous apporte un éclairage supplémentaire de ces données : il y aurait un surcoût cognitif pour produire des mouvements chez les personnes avec autisme, qu'elle explique par son "input/output hypothesis". Alors qu'il est de plus en plus reconnu que les inputs sensoriels de bas niveau sont augmentés dans cette population (Samson et al., 2012), Gowen et Hamilton (2013) avancent que les outputs moteurs le seraient aussi. Pour cette hypothèse elle se base principalement sur les travaux qui montrent une augmentation de la variabilité des mouvements chez les TSA dans la plupart des tâches de motricité (préhension, pointage, marche...). Elle suggère que cette augmentation de l'"input/output noise" entraîne un surcoût cognitif pour les autistes lors qu'ils souhaitent produire un mouvement. Selon son hypothèse, marcher est plus demandeur cognitivement pour les personnes avec TSA que les sujets de développement typique. Calculer simultanément entraînerait alors un surcoût cognitif supplémentaire ne leur permettant plus de contrôler la marche correctement.

#### *2.4.1.2. Limites*

---

Afin de limiter les **biais de confusion**, nous avons apparié les sujets en sexe et en âge mais nous avons également vérifié si les résultats des quatre tâches motrices simples pouvaient être corrélés à d'autres facteurs de confusion (corrélations de Pearson) tels que l'âge, le poids, la taille et la durée hebdomadaire de pratique du sport. Même si aucun sujet avec AS n'a de déficience intellectuelle, il serait intéressant de compléter cette vérification des facteurs de confusion en regardant par exemple l'influence du QI sur la motricité (Ghazziudin et al., 1998 ; Green et al., 2009, voir perspectives). Un autre facteur de variabilité important de la motricité dans les TSA est peut-être le sous-type (Asperger, Autisme de Haut

Niveau). Nous n'avons malheureusement pas encore recruté suffisamment de patients pour le groupe autisme de haut niveau. Ainsi, l'absence de différence de motricité de bas niveau (station debout les yeux ouverts et marche simple) pourrait être expliquée par l'exclusion des personnes avec autisme de haut niveau (HFA) dans l'analyse des résultats. En effet, d'après les études de [Nayate et al. \(2011\)](#) et [Rinehart et al. \(2006\)](#), des différences sont à attendre sur ces paramètres entre les deux groupes AS et HFA.

Pour la **posturométrie** avec les yeux ouverts, on ne peut pas conclure à une différence significative entre le groupe AS et le groupe C. Néanmoins, la différence est forte et la tendance est à la significativité ( $p=0,056$ ). Il semble donc que la tendance soit vers une augmentation du chancellement chez les personnes avec AS et que le fait d'avoir un petit groupe, donc un manque de puissance ne nous permette pas de conclure. Il serait donc intéressant de réaliser cette étude à plus grande échelle. De plus nous n'avons pas essayé de supprimer les autres afférences sensorielles telles que la proprioception (ex : plateau de mousse), ce qui permettrait d'étudier le poids des différents inputs sensoriels.

Pour la **marche** simple, même si plusieurs études ne retrouvent pas de différence non plus, nous avons la conviction que nos participants présentent une démarche atypique lorsque nous les regardons. Nous avons donc probablement plusieurs biais ou manques de précision de nos mesures. Premièrement, l'absence de marqueur sur les genoux ne nous permet pas de vérifier les paramètres cinématiques de la cheville et de la hanche alors que, par exemple, deux hypothèses s'affrontent sur l'hypo- ou l'hypertonie de la cheville chez les personnes avec TSA ([Calhoun 2010](#), [Chester 2011](#)). De plus, nous n'avons pas réalisé de mesure des oscillations du haut du corps qui semblent importantes chez les personnes avec TSA ([Rinehart 2006](#)). Enfin, il aurait été intéressant d'étudier la trajectoire de la marche de nos participants car il semble que leur difficulté de planification du mouvement altère la trajectoire de la marche orientée vers un but ([Vernazza 2005](#)).

Du point de vue du **pointage**, il nous semble que l'augmentation du temps de mouvement associée à une conservation de la précision spatiale doit être prise avec précaution. En effet, il nous a semblé que la résistance au changement présentée par cette population et sa difficulté à tolérer l'imprécision diminuaient la motivation à accélérer la vitesse de pointage. Un retour (« vite, vite ») était donné pour tous les participants au moment de la 1<sup>ère</sup> et de la 7<sup>ème</sup> cible mais les participants avec TSA étaient résistants à l'idée de diminuer leur performance spatiale (d'ailleurs, nombre d'entre eux le formulaient à haute

voix). Il serait intéressant de réaliser une autre étude avec des consignes de précision aux contrôles également, afin de pouvoir comparer les vitesses de pointage des 2 groupes.

Du point de vue technique, la méthode utilisée pour analyser les données de cinématique est longue (environ 4h par patient pour la labellisation des marqueurs sur le logiciel biomech), ce qui limite actuellement l'application du bilan moteur en clinique. Ainsi, pour cette étude, ni l'analyse cinématique et posturo-métrique de l'**interception**, ni l'analyse cinématique du pointage n'ont pu être réalisées dans les temps pour ce travail de thèse. Pour l'interception, les résultats en termes de performance sont donc faiblement informatifs et ne permettent pas de détecter les anomalies de posture anticipatoire, de planification ou d'exécution. Pour le pointage, il eût été intéressant de comparer les trajectoires du doigt, la phase balistique et la phase terminale entre les groupes. Ainsi, il serait intéressant d'élargir les paramètres étudiés et de les analyser en ANOVA multivariée.

#### *2.4.1.3. Conclusion sur les apports et limites*

---

**En conclusion**, l'ensemble des résultats nous amène à réaliser le constat suivant: certaines compétences motrices des personnes avec syndrome d'Asperger sont conservées à tous les niveaux, mais elles semblent utiliser des processus différents, avec plus de poids de la vision, une planification plus lente mais une précision conservée, une motricité très cognitivo-requérante, et une augmentation de la variabilité des performances. Ceci nous permet d'appuyer l'hypothèse d'une intégration sensori-motrice atypique chez les personnes avec syndrome d'Asperger (Gowen). Cette étude exploratoire avec outils objectifs et fins et qui décrit tous les niveaux a montré que les analyses de la motricité en laboratoire d'analyse du mouvement étaient réalisables dans la population autistique, avec une bonne tolérance des différentes techniques. Cette analyse peut donc être développée afin de tenter d'identifier de potentiels biomarqueurs de l'autisme. Les résultats sont cohérents avec la littérature, la moitié des participants avec AS remplissent les critères du TAC. Cependant, les groupes sont encore petits, il manque le groupe avec autisme et le temps d'analyse est long, ne permettant pas une application en routine clinique.

#### *2.4.2. PERSPECTIVES*

---

##### *2.4.2.1. Perspectives pour la recherche*

---

Du point de vue de la recherche, les perspectives de cette étude préliminaire sont de trois types : étudier **la spécificité** des altérations retrouvée, leur **retentissement**, et leur

## **mécanisme.**

### **ETUDE DE LA SPECIFICITE**

Pour l'étude du **TAC** dans les **TSA**, Il est tout d'abord prévu de compléter cette étude en étoffant les groupes déjà existants avec 18 personnes avec **AS** sans **TAC** et 18 **AS** avec **TAC** et en poursuivant les recrutements par un troisième groupe de 18 personnes avec **TAC** non **AS**. Ainsi, nous pourrions rechercher la présence (ou non) d'une baisse des compétences motrices spécifiques des **TSA** en dehors du **TAC** et examiner plus amplement l'hypothèse de la cooccurrence **TAC** et **TSA** présenté dans ce travail de thèse.

Deuxièmement, pour l'étude de la spécificité au **syndrome d'Asperger**, il serait ensuite intéressant de compléter cette étude par un 3<sup>ème</sup> groupe de personnes avec autisme de haut niveau (**HFA**). Ainsi, nous pourrions tenter de différencier des profils moteurs en fonction des sous-groupes de personnes avec **TSA**. De plus, afin d'aller plus loin dans nos hypothèses, il serait intéressant d'étudier l'hypothèse de [Mottron \(2013\)](#) sur le lien entre les troubles moteurs et le langage chez les personnes avec **AS** (voir partie 1.). Comme nous l'avons vu, il fait l'hypothèse d'une relation inverse entre performances langagières et motrices chez les personnes avec **AS**. Notre démarche proposerait d'évaluer les compétences motrices des 3 groupes par la passation de la **QTAC** et de 4 tâches motrices (tâche de pointage visuo-manuel, tâche d'interception d'objet, marche et posturométrie, étude en cours). Nous proposerions une évaluation standardisée du langage par l'intermédiaire d'une batterie de test et d'outils langagiers (articulation, vocabulaire, orthographe et syntaxe). Nous évaluerions ces compétences motrices et langagières séparément mais aussi simultanément (tâche motrice et langagière en même temps) sur un échantillon de 54 sujets de 12 à 30 ans : 18 sujets **Asperger**, 18 sujets autistes et 18 sujets contrôles appariés en **QI** et en âge. Pour les résultats, nous nous attendrions à retrouver des compétences langagières supérieures et des performances motrices plus faibles chez les sujets **Asperger** par rapport aux autres groupes. Une relation inverse entre performance langagière et motricité chez les sujets **Asperger** pourrait être mise en évidence.

Troisièmement, nous souhaitons également compléter cette étude de la spécificité en comparant ces performances motrices avec celles des personnes avec **TDAH**, c'est-à-dire une autre pathologie neurodéveloppementale. Ainsi, notre tâche de pointage a également été réalisée par une population avec **TDAH**.

### **ETUDE DU RETENTISSEMENT**

Nous avons étudié dans ce travail le lien entre les performances motrices et le retentissement au quotidien avec l'évaluation du diagnostic de TAC. Il semblerait également intéressant d'étudier le lien avec la **sévérité des symptômes autistiques** par un calcul de corrélation entre les performances motrices et les score des participants à la SRS (Social Responsiveness Scale ([Constantino et al., 2004](#)).

## ETUDE DU MECANISME

Les performances motrices étant influencées par le niveau cognitif, il serait intéressant d'étudier le **lien entre les performances motrices et les compétences cognitives** des participants, c'est-à-dire leurs scores de quotient intellectuel et leurs compétences attentionnelles.

L'influence de la suppression de la modalité visuelle nous amène à poser la question du lien avec les troubles de l'intégration sensorielle. Il serait ainsi intéressant de réaliser une étude du **poids des différentes modalités sensorielles** en utilisant le même protocole que celui de [Cherng et al. \(2007\)](#).

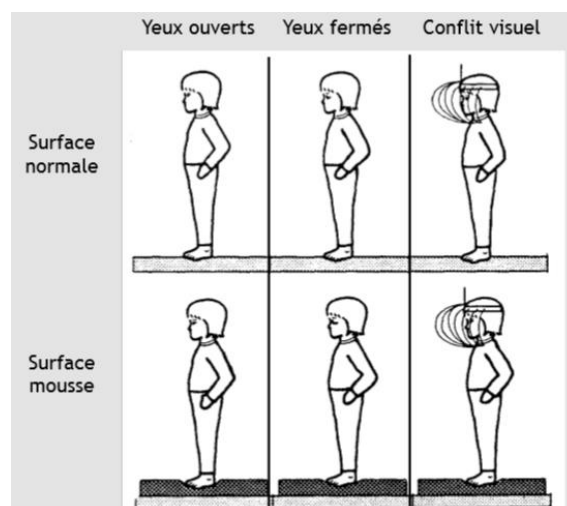


Figure 39 : Test de l'interaction sensorielle dans l'équilibre, Cherng et al., 2007. Source : [Albaret, 2012](#)

## EVALUATION DE L'EFFICACITE DES INTERVENTIONS

Nous souhaiterions pouvoir utiliser les différentes tâches que nous avons développées pour **évaluer objectivement l'efficacité des interventions** sur les performances motrices. En effet, comme nous l'avons vu, il n'y a pas à l'heure actuelle de recommandations sur la prise en charge du TAC dans les TSA. Les interventions orientées sur la tâche comme la méthode CO-OP ont un potentiel très intéressant dans cette intervention. Ainsi, une perspective prometteuse de ce travail sera d'évaluer en plateforme d'analyse du mouvement les participants avant la méthode CO-OP et après. Cette évaluation serait accompagnée d'une étude de l'efficacité sur la motricité avec la MABC et la QTAC, mais également sur les autres domaines comme l'autonomie avec la Vineland.

### 2.4.2.2. Perspectives pour la clinique

Du point de vue clinique, nous pensons que ces tâches seront intéressantes à développer pour l'évaluation motrice dans le cadre du **bilan initial**, mais également au cours des **bilans**



**d'évolution.** Ainsi, cet outil "plateforme d'analyse du mouvement" pourrait être d'une aide précieuse au clinicien, notamment pour évaluer l'efficacité des thérapeutiques mises en place. Pour cela, il est nécessaire d'augmenter l'automatisation de l'analyse des marqueurs cinématiques afin de permettre une application en routine de cet outil.

De même, devant l'hyper-précocité des symptômes moteurs dans l'autisme (six mois), alors que l'âge de diagnostic moyen en France est encore de 4,5 ans ([Leboyer, 2013](#)), nous espérons développer cet outil pour **l'aide au diagnostic précoce**. Ainsi l'analyse automatisée du mouvement des tout-petits permettra peut-être un jour d'aider au diagnostic précoce d'autisme, voire même avant l'âge de un an, donc de débiter une prise en charge de plus en plus précoce.

De plus, les difficultés motrices présentées par les personnes avec TSA nous amènent à insister sur l'importance de **l'évaluation motrice** dans cette population, dans le même sens que [Gillberg \(2013\)](#). Du fait du sur-handicap fonctionnel majeur, il est important d'accompagner ces enfants au niveau de la motricité et d'effectuer une **prise en charge** le plus tôt possible : rééducation (rééducation ciblée sur la performance, CO-OP), compensations (ordinateur en classe, tiers temps), et guidance des aidants (enseignant pour l'adaptation des cours d'EPS par exemple, et parents pour notamment l'exposition la plus précoce aux jeux de ballon) ...

## 2.5. CONCLUSION DE L'ETUDE

**Les résultats** de notre étude sont une baisse significative des performances motrices chez les personnes avec Syndrome d'Asperger. Dans le profil moteur des personnes avec AS, on retrouve une altération non significative de la motricité de « bas niveau » (station debout yeux ouverts et marche simple), une altération significative de la motricité de « haut niveau » (pointage et interception), associées à une altération de l'intégration sensori-motrice (tâches duelles et posturométrie avec suppression de la vision).

**Au niveau des apports et limites** de cette étude, nous retenons le constat suivant : certaines compétences motrices des personnes avec syndrome d'Asperger sont conservées à tous les niveaux, mais elles semblent utiliser des processus différents, avec plus de poids de la vision, une planification plus lente mais une précision conservée, une motricité très cognitivo-requérante, et une augmentation de la variabilité des performances. Ceci nous permet d'appuyer l'hypothèse input/output et de l'intégration sensori-motrice atypique chez les personnes avec syndrome d'asperger développée par [Gowen & Hamilton \(2013\)](#) et donc de similitudes importantes avec le TAC. Dans notre population, la moitié des participants avec AS présentent un TAC probable, ce qui est cohérent avec la prévalence du TAC. Cependant, nous n'avons pas encore suffisamment de participant dans chaque groupe (TAC ou non TAC) pour obtenir une puissance suffisante donc nous n'avons présenté que les résultats préliminaires de la deuxième hypothèse. Il manque encore également le groupe avec autisme et le temps d'analyse est long, ne permettant pas une application en routine clinique.

**Du point de vue recherche**, il serait intéressant d'étudier la spécificité de ce profil de performance motrice, par une comparaison avec une population TSA avec retard de langage (AHN), une population TDAH, et une population TAC sans TSA. Il nous semble également important d'étudier le retentissement de cette chute de performance, au niveau du handicap fonctionnel et de l'association éventuelle avec une augmentation de la sévérité des symptômes autistiques. Enfin, la poursuite de l'étude des mécanismes impliqués dans cette baisse des performances motrice avec une prise en compte du quotient intellectuel, des compétences de planification et d'attention serait intéressante. De même, il conviendrait d'approfondir l'étude des mécanismes notamment le poids des différentes modalités sensorielles.

**Du point de vue de la clinique**, une automatisation de ces techniques permettrait de développer cet outil « plateforme d'analyse du mouvement » comme biomarqueur, aide au dépistage et au diagnostic. Enfin, cette étude nous permet d'insister sur l'importance d'une prise en charge précoce des troubles moteurs pour limiter au maximum le handicap fonctionnel lié aux difficultés motrices dans le TSA.

## CONCLUSION GENERALE

---

Les personnes avec Troubles du Spectre Autistique (TSA) présentent des atypies motrices précoces puis environ 60% d'entre elles développent des Troubles de l'Acquisition de la Coordination (TAC), avec un retentissement majeur. Toutes les personnes avec TSA n'ont pas un TAC et les perturbations motrices ne peuvent être considérées comme les symptômes noyaux du TSA. Si elles sont retrouvées, il convient de diagnostiquer un TAC comorbide, comme proposé dans le DSM5. Nous préférons le terme de **cooccurrence** devant la probabilité de facteurs de risque commun dans les troubles neurodéveloppementaux.

Le **profil des performances motrices** restent peu étudié dans le TSA. Notre « Etude des performances motrices dans l'autisme » nous permet de préciser le profil moteur des personnes avec Autisme de Haut Niveau en plateforme d'analyse du mouvement, et de rechercher les similitudes avec le TAC, notamment au niveau de l'automatisation des mouvements de locomotion. Une tendance à l'altération de la motricité de bas niveau, une altération significative de la motricité de haut niveau, associée à une altération de l'intégration motrice complexe (tâches duelles) sont observés. Ce profil moteur, similaire à celui du TAC, est compatible avec l'hypothèse input-output et du défaut d'intégration sensori-motrice de [Gowen & Hamilton \(2013\)](#).

L'identification de cette entité morbide TAC chez les personnes avec TSA permet d'élaborer des **objectifs d'évaluation et de soin** dans ce domaine. L'évaluation des performances motrices dans le TSA doit suivre les recommandations pour le TAC, avec un bilan multidisciplinaire comprenant un test moteur validé et standardisé, au minimum une MABC et un BHK. De même, la prise en charge des enfants avec TSA doit comporter une prise en charge globale, mais également des prises en charges spécifiques des domaines altérés. Les enfants avec TSA présentant un TAC devraient donc tous pouvoir bénéficier d'une prise en charge ciblée sur la motricité correspondant aux recommandations actuelles sur le TAC, c'est-à-dire personnalisée, avec des objectifs et des évaluations régulières. Trois accompagnements peuvent être proposés dans ce domaine : rééducation (surtout orientée vers la tâche), compensations et guidance des aidants.

Au niveau des **perspectives**, les tâches automatisées d'évaluation du mouvement ont un potentiel prometteur d'outils d'aide au diagnostic, à l'évaluation fonctionnelle, et de biomarqueur dans les TSA, notamment pour évaluer l'efficacité des interventions comme la méthode CO-OP dans cette population.

## ANNEXES

---

ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE .....	118
ANNEXE 2 : TSA ET ANALYSE CINEMATIQUE DE LA MARCHE .....	128
ANNEXE 3 : TSA ET POINTAGE .....	129
ANNEXE 4 : FEUILLES DE CONSENTEMENT .....	130
ANNEXE 5 : COURRIER DE RECHERCHE .....	132
ANNEXE 6 : LIVRET PARTICIPANTS .....	134
ANNEXE 9 : GLOSSAIRE .....	135
ANNEXE 10 : FIGURES .....	137
ANNEXE 11 : POSTER .....	141

## ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE

---

- Albaret, J. M. (2012). Troubles de l'Acquisition de la Coordination. [http://www.resodys.org/IMG/pdf/albaret\\_2012.pdf](http://www.resodys.org/IMG/pdf/albaret_2012.pdf).
- Albaret, J., & Castelnau, P. (2004). Evaluation des troubles du mouvement intentionnel et des fonctions non-verbales. J. Flessas, & F. Lussier (Eds.).
- Aldinger, K. A., Kogan, J., Kimonis, V., Fernandez, B., Horn, D., Klopocki, E., ... Dobyns, W. B. (2013). Cerebellar and posterior fossa malformations in patients with autism-associated chromosome 22q13 terminal deletion. *American Journal of Medical Genetics. Part A*, 161A(1), 131–136. doi:10.1002/ajmg.a.35700
- Aman, M. G., Singh, N. N., Stewart, A. W., & Field, C. J. (1985). The aberrant behavior checklist: a behavior rating scale for the assessment of treatment effects. *American Journal of Mental Deficiency*. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1985-19035-001>
- Ameratunga, D., Johnston, L., & Burns, Y. (2004). Goal-directed upper limb movements by children with and without DCD: a window into perceptuo-motor dysfunction? *Physiotherapy Research International: The Journal for Researchers and Clinicians in Physical Therapy*, 9(1), 1–12.
- Anagnostou, E., Zwaigenbaum, L., Szatmari, P., Fombonne, E., Fernandez, B. A., Woodbury-Smith, M., Scherer, S. W. (2014). Autism spectrum disorder: advances in evidence-based practice. *Canadian Medical Association Journal*, cmaj.121756. doi:10.1503/cmaj.121756
- APA American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*. Arlington, Va.: American Psychiatric Association.
- APA American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. Retrieved from <http://www.nrdc.org.uk>
- Asperger, D. D. H. (1944). Die „Autistischen Psychopathen“ im Kindesalter. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 117(1), 76–136. doi:10.1007/BF01837709
- Assaiante, C., & Schmitz, C. (2009). Construction des représentations de l'action chez l'enfant: quelles atteintes dans l'autisme? *Enfance*, 2009(1), 111.
- Attwood, A. (2006). *The Complete Guide to Asperger's Syndrome*. Jessica Kingsley Publishers.
- CDC Centers for Disease Control and Prevention, Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network Surveillance Year 2006 (2009). Prevalence of autism spectrum disorders - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, United States, 2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries (Washington, D.C.: 2002)*, 58(10), 1–20.
- Baghdadli, A., & Brisot-Dubois, J. (2011). *Entraînement aux habiletés sociales appliquées à l'autisme - Guide pour les intervenants*. Elsevier Masson.

- Bailey, A., Le Couteur, A., Gottesman, I., Bolton, P., Simonoff, E., Yuzda, E., & Rutter, M. (1995). Autism as a strongly genetic disorder: evidence from a British twin study. *Psychological Medicine*, 25(01), 63–77. doi:10.1017/S0033291700028099
- Baranek, G. T. (2002). Efficacy of sensory and motor interventions for children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(5), 397–422.
- Baranek, G. T. (1999a). Autism During Infancy: A Retrospective Video Analysis of Sensory-Motor and Social Behaviors at 9–12 Months of Age. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(3), 213–224. doi:10.1023/A:1023080005650
- Baranek, G. T. (1999b). Autism During Infancy: A Retrospective Video Analysis of Sensory-Motor and Social Behaviors at 9–12 Months of Age. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(3), 213–224. doi:10.1023/A:1023080005650
- Baron-Cohen, S., Mortimore, C., Moriarty, J., Izaguirre, J., & Robertson, M. (1999a). The prevalence of Gilles de la Tourette's syndrome in children and adolescents with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 40(2), 213–218.
- Baron-Cohen, S., Mortimore, C., Moriarty, J., Izaguirre, J., & Robertson, M. (1999b). The prevalence of Gilles de la Tourette's syndrome in children and adolescents with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 40(2), 213–218.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, 21(1), 37–46.
- Bennett, T., Szatmari, P., Bryson, S., Volden, J., Zwaigenbaum, L., Vaccarella, L., ... Boyle, M. (2008). Differentiating autism and Asperger syndrome on the basis of language delay or impairment. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(4), 616–625. doi:10.1007/s10803-007-0428-7
- Bensoussan, L., Duclos, Y., & Rossi-Durand, C. (2012). Modulation of human motoneuron activity by a mental arithmetic task. *Human Movement Science*, 31(5), 999–1013. doi:10.1016/j.humov.2012.02.008
- Berg, A. T., & Plioplys, S. (2012). Epilepsy and autism: Is there a special relationship? *Epilepsy & Behavior*, 23(3), 193–198. doi:10.1016/j.yebeh.2012.01.015
- Bergès, J., & Lézine, I. (1963). *Test d'imitation de gestes*. Masson.
- Bhat, A. N., Galloway, J. C., & Landa, R. J. (2012). Relation between early motor delay and later communication delay in infants at risk for autism. *Infant Behavior & Development*, 35(4), 838–846. doi:10.1016/j.infbeh.2012.07.019
- Bioulac, B., Burbaud, P., Cazalets, J.-R., & Gross, C. (2005). Fonctions motrices. *EMC - Kinésithérapie*, 1(4), 183–233. doi:10.1016/j.emckns.2005.10.001
- Bishop, D. V. (2003). *The Children's Communication Checklist* (Vol. 2). ASHA.
- Blank, R., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., & Wilson, P. (2012). European Academy for Childhood Disability (EACD): Recommendations on the definition, diagnosis and

- intervention of developmental coordination disorder (long version)\*. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(1), 54–93. doi:10.1111/j.1469-8749.2011.04171.x
- Bleuler, E. (1911). Dementia praecox oder Gruppe der Schizophrenien. *Handbuch Der Psychiatrie*. Retrieved from <http://ci.nii.ac.jp/naid/10014515664/>
- Bo, J., & Lee, C.-M. (2013). Motor skill learning in children with Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 34(6), 2047–2055. doi:10.1016/j.ridd.2013.03.012
- Bodfish, J. W., Symons, F. W., & Lewis, M. H. (1999). The repetitive behavior scale. *Western Carolina Center Research Reports*.
- Bondy, A. S., & Frost, L. A. (1998). The picture exchange communication system. In *Seminars in Speech and Language* (Vol. 19, pp. 373–389). \copyright 1998 by Thieme Medical Publishers, Inc. Retrieved from <https://www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/10.1055/s-2008-1064055>
- Bonnet-Brilhault, F. (2013). Apport de la psychophysiologie à la compréhension et au traitement des troubles autistiques. Presented at the Les Journées du Congrès Français de Psychiatrie, Bordeaux.
- Borremans, E. (2011). Asperger syndrome and physical exercise : a study about senso-motor profiles, physical fitness, and the effectiveness of an exercise training program in a group of adolescents with Asperger syndrome. Retrieved from <https://jyx.jyu.fi/dspace/handle/123456789/40877>
- Borremans, E., Rintala, P., & McCubbin, J. A. (2010). Physical fitness and physical activity in adolescents with asperger syndrome: a comparative study. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 27(4). Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx>
- Breton, S., & Léger, F. (2007). *Mon cerveau ne m'écoute pas: comprendre et aider l'enfant dyspraxique*. Montréal: Éditions du CHU Sainte-Justine.
- Brian, J., Zwaigenbaum, L., & Bryson S., Roberts W., Smith I., Szatmari P., Roncadin C., Garon N. and Vaillancourt T. (2013, Mai). *Behavioral Markers Predictive of ASD in High-Risk Infants At 6 Months*. Oral Communication presented at the IMFAR, San Sebastian. Retrieved from Consulté à l'adresse <https://imfar.confex.com/imfar/2013/webprogram/Paper14795.html>
- Brian, J., Bryson, S. E., Garon, N., Roberts, W., Smith, I. M., Szatmari, P., & Zwaigenbaum, L. (2008). Clinical assessment of autism in high-risk 18-month-olds. *Autism*, 12(5), 433–456. doi:10.1177/1362361308094500
- Brown, C., & Dunn, W. (2002). *Adolescent-Adult Sensory Profile: User's Manual*. Therapy Skill Builders.
- Bruininks, R. H. (1978). *Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency: Examiner's manual*. American Guidance Service Circle Pines, MN. Retrieved from <http://www.getcited.org/pub/101899628>
- Cairney, J., Hay, J. A., Fought, B. E., Wade, T. J., Corna, L., & Flouris, A. (2005). Developmental coordination disorder, generalized self-efficacy toward physical



- activity, and participation in organized and free play activities. *The Journal of Pediatrics*, 147(4), 515–520. doi:10.1016/j.jpeds.2005.05.013
- Cairney, J., Veldhuizen, S., Kurdyak, P., Missiuna, C., Faught, B. E., & Hay, J. (2007). Evaluating the CSAPPA subscales as potential screening instruments for developmental coordination disorder. *Archives of Disease in Childhood*, 92(11), 987–991. doi:10.1136/adc.2006.115097
- Calhoun, M., Longworth, M., & Chester, V. L. (2011). Gait patterns in children with autism. *Clinical Biomechanics*, 26(2), 200–206. doi:10.1016/j.clinbiomech.2010.09.013
- Carlotti, M.-A. (2013, mai). 3ème plan autisme (2013-2017). <http://www.social-sante.gouv.fr/actualite-presse,42/breves,2325/presentation-du-3eme-plan-autisme,15797.html>.
- Cattaneo, L., Fabbri-Destro, M., Boria, S., Pieraccini, C., Monti, A., Cossu, G., & Rizzolatti, G. (2007). Impairment of actions chains in autism and its possible role in intention understanding. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(45), 17825–17830. doi:10.1073/pnas.0706273104
- CDC. (2008). Prevalence of Autism Spectrum Disorders — Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 14 Sites, United States, 2008. Retrieved February 21, 2014, from <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss6103a1.htm>
- Chabloz, C., Dargent, S., V. Jomaiguedel, S. Marignier, A. Monge, O. Seraphin, & Descotes, A. (2011, February 1). Consensus régional formalisé sur la dyspraxie développementale.
- Chang, C.-H., Wade, M. G., Stoffregen, T. A., Hsu, C.-Y., & Pan, C.-Y. (2010). Visual tasks and postural sway in children with and without autism spectrum disorders. *Research in Developmental Disabilities*, 31(6), 1536–1542. doi:10.1016/j.ridd.2010.06.003
- Cherng, R.-J., Liang, L.-Y., Hwang, I.-S., & Chen, J.-Y. (2007). The effect of a concurrent task on the walking performance of preschool children. *Gait & Posture*, 26(2), 231–237. doi:10.1016/j.gaitpost.2006.09.004
- Chester, V. L., & Calhoun, M. (2012). Gait Symmetry in Children with Autism. *Autism Research and Treatment*, 2012. doi:10.1155/2012/576478
- Chiari, L., Cappello, A., Lenzi, D., & Della Croce, U. (2000). An improved technique for the extraction of stochastic parameters from stabilograms. *Gait & Posture*, 12(3), 225–234. doi:10.1016/S0966-6362(00)00086-2
- Chow, S. M. K., & Henderson, S. E. (2003). Interrater and test-retest reliability of the Movement Assessment Battery for Chinese preschool children. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 57(5), 574–577.
- Clarke, R. A., Lee, S., & Eapen, V. (2012). Pathogenetic model for Tourette syndrome delineates overlap with related neurodevelopmental disorders including Autism. *Translational Psychiatry*, 2, e158. doi:10.1038/tp.2012.75
- Constantino, J. N., Gruber, C. P., Davis, S., Hayes, S., Passanante, N., & Przybeck, T. (2004).

- The factor structure of autistic traits. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(4), 719–726. doi:10.1111/j.1469-7610.2004.00266.x
- Corraze, J. (2013). Interface entre le spectre de l'autisme et la psychomotricité, une perspective historique. In *Autisme et Psychomotricité*. Bruxelles; [Marseille]: De Boeck ; Solal.
- Darrah, J., Hodge, M., Magill-Evans, J., & Kumbhani, G. (2003). Stability of serial assessments of motor and communication abilities in typically developing infants--implications for screening. *Early Human Development*, 72(2), 97–110.
- Dawson, G., Rogers, S., Munson, J., Smith, M., Winter, J., Greenon, J., ... Varley, J. (2010). Randomized, controlled trial of an intervention for toddlers with autism: the Early Start Denver Model. *Pediatrics*, 125(1), e17–e23.
- Delorme, R., Ey, E., Toro, R., Leboyer, M., Gillberg, C., & Bourgeron, T. (2013). Progress toward treatments for synaptic defects in autism. *Nature Medicine*, 19(6), 685–694. doi:10.1038/nm.3193
- Derguy, C., M'Bailara, K., & Bouvard, M. (WIP). Programme d'éducation thérapeutique à destination des parents.
- Devlin, B., & Scherer, S. W. (2012). Genetic architecture in autism spectrum disorder. *Current Opinion in Genetics & Development*, 22(3), 229–237. doi:10.1016/j.gde.2012.03.002
- Dewey, D., Cantell, M., & Crawford, S. G. (2007). Motor and gestural performance in children with autism spectrum disorders, developmental coordination disorder, and/or attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 13(2), 246–256. doi:10.1017/S1355617707070270
- Dewrang, P., & Sandberg, A. D. (2010). Parental retrospective assessment of development and behavior in Asperger syndrome during the first 2 years of life. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 4(3), 461–473. doi:10.1016/j.rasd.2009.11.003
- Dowell, L. R., Mark, E., & Mostofsky, S. H. (2009). Associations of postural knowledge and basic motor skill with dyspraxia in autism: Implication for abnormalities in distributed connectivity and motor learning. *Neuropsychology*, 23(5), 563–570. doi:10.1037/a0015640
- Downey, R., & Rapport, M. J. K. (2012). Motor activity in children with autism: a review of current literature. *Pediatric Physical Therapy: The Official Publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 24(1), 2–20. doi:10.1097/PEP.0b013e31823db95f
- 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. doi:10.1111/j.1469-8749.2007.00734.x
- Emck, C., Bosscher, R., Beek, P., & Doreleijers, T. (2009). Gross motor performance and self-perceived motor competence in children with emotional, behavioural, and

- pervasive developmental disorders: a review. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 51(7), 501–517. doi:10.1111/j.1469-8749.2009.03337.x
- Esbensen, A. J., Seltzer, M. M., Lam, K. S. L., & Bodfish, J. W. (2009). Age-related differences in restricted repetitive behaviors in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(1), 57–66. doi:10.1007/s10803-008-0599-x
- Esposito, G., & Paşca, S. P. (2013). Motor abnormalities as a putative endophenotype for Autism Spectrum Disorders. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7, 43. doi:10.3389/fnint.2013.00043
- Esposito, G., Venuti, P., Maestro, S., & Muratori, F. (2009). An exploration of symmetry in early autism spectrum disorders: Analysis of lying. *Brain and Development*, 31(2), 131–138. doi:10.1016/j.braindev.2008.04.005
- Fabbri-Destro, M., Cattaneo, L., Boria, S., & Rizzolatti, G. (2009). Planning actions in autism. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation Cérébrale*, 192(3), 521–525. doi:10.1007/s00221-008-1578-3
- Fombonne, E., Zakarian, R., Bennett, A., Meng, L., & McLean-Heywood, D. (2006). Pervasive developmental disorders in Montreal, Quebec, Canada: prevalence and links with immunizations. *Pediatrics*, 118(1), e139–150. doi:10.1542/peds.2005-2993
- Fombonne, E. (1999). The epidemiology of autism: a review. *Psychological Medicine*, 29(4), 769–786.
- 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. doi:10.1007/s10803-010-0981-3
- Fournier, K. A., Kimberg, C. I., Radonovich, K. J., Tillman, M. D., Chow, J. W., Lewis, M. H., Hass, C. J. (2010). Decreased static and dynamic postural control in children with autism spectrum disorders. *Gait & Posture*, 32(1), 6–9. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.02.007
- Freitag, C. M., Kleser, C., Schneider, M., & Gontard, A. von. (2007). Quantitative Assessment of Neuromotor Function in Adolescents with High Functioning Autism and Asperger Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5), 948–959. doi:10.1007/s10803-006-0235-6
- Fuentes, C. T., Mostofsky, S. H., & Bastian, A. J. (2009). Children with autism show specific handwriting impairments. *Neurology*, 73(19), 1532–1537. doi:10.1212/WNL.0b013e3181c0d48c
- Gadow, K. D., & DeVincent, C. J. (2005). Clinical significance of tics and attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) in children with pervasive developmental disorder. *Journal of Child Neurology*, 20(6), 481–488.
- Gepner, B., & Mestre, D. R. (2002a). Brief report: postural reactivity to fast visual motion differentiates autistic from children with Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(3), 231–238.

- Gepner, B., & Mestre, D. R. (2002b). Brief Report: Postural Reactivity to Fast Visual Motion Differentiates Autistic from Children with Asperger Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(3), 231–238. doi:10.1023/A:1015410015859
- Geuze, R. H. (2005). Postural control in children with developmental coordination disorder. *Neural Plasticity*, 12(2-3), 183–196; discussion 263–272. doi:10.1155/NP.2005.183
- Ghaziuddin, M., & Butler, E. (1998). Clumsiness in autism and Asperger syndrome: a further report. *Journal of Intellectual Disability Research*, 42(1), 43–48. doi:10.1046/j.1365-2788.1998.00065.x
- Ghaziuddin, M., Butler, E., Tsai, L., & Ghaziuddin, N. (1994). Is clumsiness a marker for Asperger syndrome? *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR*, 38 ( Pt 5), 519–527.
- Gidley Larson, J. C., Mostofsky, S. H., Goldberg, M. C., Cutting, L. E., Denckla, M. B., & Mahone, E. M. (2007). Effects of Gender and Age on Motor Exam in Typically Developing Children. *Developmental Neuropsychology*, 32(1), 543–562. doi:10.1080/87565640701361013
- Gilchrist, A., Green, J., Cox, A., Burton, D., Rutter, M., & Le Couteur, A. (2001). Development and current functioning in adolescents with Asperger syndrome: a comparative study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 42(2), 227–240.
- Gillberg, C. (2013, May). *How severe is autism, really?* Presented at the IMFAR, San Sebastian.
- Gillberg, C. (2010). The ESSENCE in child psychiatry: Early Symptomatic Syndromes Eliciting Neurodevelopmental Clinical Examinations. *Research in Developmental Disabilities*, 31(6), 1543–1551. doi:10.1016/j.ridd.2010.06.002
- Gillberg, C. (2003). Deficits in attention, motor control, and perception: a brief review. *Archives of Disease in Childhood*, 88(10), 904–910.
- Gillberg, C., & al. (2003). Why Bother About Clumsiness? The Implications of Having Developmental Coordination Disorder (DCD). *Neural Plasticity*, 10(1-2), 59–68. doi:10.1155/NP.2003.59
- Gillberg, I. C., & Gillberg, C. (1989). Asperger syndrome--some epidemiological considerations: a research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 30(4), 631–638.
- Glazebrook, C. M., Elliott, D., & Szatmari, P. (2008). How do Individuals with Autism Plan Their Movements? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(1), 114–126. doi:10.1007/s10803-007-0369-1
- 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.
- Goldman, S., Wang, C., Salgado, M. W., Greene, P. E., Kim, M., & Rapin, I. (2009). Motor stereotypies in children with autism and other developmental disorders.

- Developmental Medicine and Child Neurology*, 51(1), 30–38. doi:10.1111/j.1469-8749.2008.03178.x
- Gowen, E., & Hamilton, A. (2013). Motor abilities in autism: a review using a computational context. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(2), 323–344. doi:10.1007/s10803-012-1574-0
- Gowen, E., & Miall, R. C. (2005). Behavioural aspects of cerebellar function in adults with Asperger syndrome. *The Cerebellum*, 4(4), 279–289. doi:10.1080/14734220500355332
- Green, D., Charman, T., Pickles, A., Chandler, S., Loucas, T., Simonoff, E., & Baird, G. (2009). Impairment in movement skills of children with autistic spectrum disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(4), 311–316. doi:10.1111/j.1469-8749.2008.03242.x
- Green, D., Baird, G., Barnett, A. L., Henderson, L., Huber, J., & 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(5), 655–668.
- Greffou, S., Bertone, A., Hahler, E.-M., Hanssens, J.-M., Mottron, L., & Faubert, J. (2012). Postural Hypo-Reactivity in Autism is Contingent on Development and Visual Environment: A Fully Immersive Virtual Reality Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(6), 961–970. doi:10.1007/s10803-011-1326-6
- Guillaud, É. (2006). *Contribution vestibulaire au contrôle des mouvements du bras lors d'une rotation du corps*. Université De La Méditerranée. Retrieved from <http://www.theses.ulaval.ca/2006/23976/23976.pdf>
- Hallett M, Lebedowska MK, Thomas SL, Stanhope SJ, Denckla MB, & Rumsey J. (1993). Locomotion of autistic adults. *Archives of Neurology*, 50(12), 1304–1308. doi:10.1001/archneur.1993.00540120019007
- Hallmayer, J. (2011). Genetic Heritability and Shared Environmental Factors Among Twin Pairs With Autism. *Archives of General Psychiatry*, 68(11), 1095. doi:10.1001/archgenpsychiatry.2011.76
- Hamstra-Bletz, L., DeBie, J., & Den Brinker, B. (1987). Concise Evaluation Scale for children's handwriting. *Lise: Swets, Zeitlinger (Eds.). Germany*.
- Happé, F., & Frith, U. (2006). The Weak Coherence Account: Detail-focused Cognitive Style in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 5–25. doi:10.1007/s10803-005-0039-0
- Hardan, A. Y., Kilpatrick, M., Keshavan, M. S., & Minshew, N. J. (2003). Motor performance and anatomic magnetic resonance imaging (MRI) of the basal ganglia in autism. *Journal of Child Neurology*, 18(5), 317–324.
- HAS Haute Autorité de Santé. (2012). Autisme et autres troubles envahissants du développement : interventions éducatives et thérapeutiques coordonnées chez l'enfant et l'adolescent.

- HAS Haute Autorité de Santé. (2010). Autisme et autres troubles envahissants du développement. *Etat Des Connaissances Hors Mécanismes Physiopathologiques, Psychopathologiques et Recherche Fondamentale*. Paris: HAS.
- HAS Haute Autorité de Santé, Baghdadli, A., Beuzon, S., Bursztejn, C., Constant, J., Desguerre, I., ... Aussilloux, C. (2005). Recommandations pour la pratique clinique du dépistage et du diagnostic de l'autisme et des troubles envahissants du développement. *Archives de Pédiatrie*, 13(4), 373–378.
- Hay, J. A., Hawes, R., & Faight, B. E. (2004). Evaluation of a screening instrument for developmental coordination disorder. *The Journal of Adolescent Health: Official Publication of the Society for Adolescent Medicine*, 34(4), 308–313. doi:10.1016/j.jadohealth.2003.07.004
- Hay, L. (1981). The effect of amplitude and accuracy requirements on movement time in children. *Journal of Motor Behavior*, 13(3), 177–186.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. L. (2007). *Movement assessment battery for children-2: Movement ABC-2: Examiner's manual*. Pearson.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., Barnett, A. L., & Smits-Engelsman, C. M. (1992). *Movement assessment battery for children*. Psychological Corporation London. Retrieved from <http://www.therapybc.ca/eLibrary/docs/Resources/MABC%20-%202%20Ax%20Review.doc>
- Hillier, S. (2007). *Intervention for children with developmental coordination disorder: A systematic review*. Nova Southeastern University. Retrieved from <http://ijahsp.nova.edu/articles/vol5num3/hillier.pdf>
- 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: The International Journal of Research and Practice*, 16(4), 430–441. doi:10.1177/1362361311423018
- Hilton, C., Wente, L., LaVesser, P., Ito, M., Reed, C., & Herzberg, G. (2007). Relationship between motor skill impairment and severity in children with Asperger syndrome. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 1(4), 339–349.
- Hofvander, B., Delorme, R., Chaste, P., Nydén, A., Wentz, E., Ståhlberg, O., Leboyer, M. (2009). Psychiatric and psychosocial problems in adults with normal-intelligence autism spectrum disorders. *BMC Psychiatry*, 9, 35. doi:10.1186/1471-244X-9-35
- Howlin, P. (2003). Outcome in high-functioning adults with autism with and without early language delays: implications for the differentiation between autism and Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(1), 3–13.
- Hughes, V. (2011, November 3). Motor problems in autism move into research focus. <http://sfari.org/news-and-opinion/news/2011/motor-problems-in-autism-move-into-research-focus>.
- Hughes, C. (1996). Brief report: Planning problems in autism at the level of motor control. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 26(1), 99–107.

- Huguet, G., Ey, E., & Bourgeron, T. (2013a). The Genetic Landscapes of Autism Spectrum Disorders. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 14(1), 191–213. doi:10.1146/annurev-genom-091212-153431
- Huguet, G., Ey, E., & Bourgeron, T. (2013b). The Genetic Landscapes of Autism Spectrum Disorders. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 14(1), 191–213. doi:10.1146/annurev-genom-091212-153431
- Huh, J., Williams, H. G., & Burke, J. R. (1998). Development of bilateral motor control in children with developmental coordination disorders. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 40(7), 474–484.
- IFP Instituts de Formation en Psychomotricité (2006, March 24). Conférence des équipes de direction des Instituts de Formation en Psychomotricité.
- Iverson, J. M., & Wozniak, R. H. (2006). Variation in Vocal-Motor Development in Infant Siblings of Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(1), 158–170. doi:10.1007/s10803-006-0339-z
- Jansiewicz, E. M., Goldberg, M. C., Newschaffer, C. J., Denckla, M. B., Landa, R., & Mostofsky, S. H. (2006). Motor Signs Distinguish Children with High Functioning Autism and Asperger's Syndrome from Controls. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(5), 613–621. doi:10.1007/s10803-006-0109-y
- Jasmin, E., Couture, M., McKinley, P., Reid, G., Fombonne, E., & Gisel, E. (2009). Sensori-motor and daily living skills of preschool children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(2), 231–241.
- Jones, W., & Klin, A. (2013a). Attention to eyes is present but in decline in 2-6-month-old infants later diagnosed with autism. *Nature*, 504(7480), 427–431. doi:10.1038/nature12715
- Jones, W., & Klin, A. (2013b). Attention to eyes is present but in decline in 2-6-month-old infants later diagnosed with autism. *Nature*, 504(7480), 427–431. doi:10.1038/nature12715
- Kadesjö, B., & Gillberg, C. (1998). Attention deficits and clumsiness in Swedish 7-year-old children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 40(12), 796–804.
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, 2(3), 217–250.
- Kaplan, B., Crawford, S., Cantell, M., Kooistra, L., & Dewey, D. (2006). Comorbidity, co-occurrence, continuum: What's in a name? *Child: Care, Health and Development*, 32(6), 723–731. doi:10.1111/j.1365-2214.2006.00689.x
- Karmel, B. Z., Gardner, J. M., Meade, L. S., Cohen, I. L., London, E., Flory, M. J., ... Harin, A. (2010). Early Medical and Behavioral Characteristics of NICU Infants Later Classified With ASD. *Pediatrics*, 126(3), 457–467. doi:10.1542/peds.2009-2680
- Kim, Y. S., Leventhal, B. L., Koh, Y.-J., Fombonne, E., Laska, E., Lim, E.-C., ... Grinker, R. R. (2011). Prevalence of Autism Spectrum Disorders in a Total Population Sample.



- Kiresuk, T. J., Smith, A., & Cardillo, J. E. (1994). *Goal Attainment Scaling: applications, theory, and measurement*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Kogan, M. D., Blumberg, S. J., Schieve, L. A., Boyle, C. A., Perrin, J. M., Ghandour, R. M., ... Dyck, P. C. van. (2009). Prevalence of Parent-Reported Diagnosis of Autism Spectrum Disorder Among Children in the US, 2007. *Pediatrics*, 124(5), 1395–1403. doi:10.1542/peds.2009-1522
- Kohen-Raz, R., Volkman, F. R., & Cohen, D. J. (1992). Postural control in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 22(3), 419–432. doi:10.1007/BF01048244
- Kopp, S., Beckung, E., & Gillberg, C. (2010). Developmental coordination disorder and other motor control problems in girls with autism spectrum disorder and/or attention-deficit/hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 31(2), 350–361. doi:10.1016/j.ridd.2009.09.017
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (1998). *NEPSY: A developmental neuropsychological assessment*. Psychological Corporation.
- Kuzniewicz, M. W., Wi, S., Qian, Y., Walsh, E. M., Armstrong, M. A., & Croen, L. A. (2014). Prevalence and neonatal factors associated with autism spectrum disorders in preterm infants. *The Journal of Pediatrics*, 164(1), 20–25. doi:10.1016/j.jpeds.2013.09.021
- Lampi, K. M., Lehtonen, L., Tran, P. L., Suominen, A., Lehti, V., Banerjee, P. N., ... Sourander, A. (2012). Risk of autism spectrum disorders in low birth weight and small for gestational age infants. *The Journal of Pediatrics*, 161(5), 830–836. doi:10.1016/j.jpeds.2012.04.058
- Landa, R. J., Gross, A. L., Stuart, E. A., & Faherty, A. (2013). Developmental trajectories in children with and without autism spectrum disorders: the first 3 years. *Child Development*, 84(2), 429–442. doi:10.1111/j.1467-8624.2012.01870.x
- Landa, R., & Garrett-Mayer, E. (2006). Development in infants with autism spectrum disorders: a prospective study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(6), 629–638. doi:10.1111/j.1469-7610.2006.01531.x
- Larousse. (2014). Définitions : autisme - Dictionnaire de français Larousse. Retrieved February 26, 2014, from <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/autisme/6565>
- Le Flem, A., & Gardie, C. (2011, Février). ANAE N° 111 - La Dyspraxie -. Retrieved March 22, 2014, from <http://www.anae-revue.org/pages/anae-n-111-la-dyspraxie-5938340.html>
- Leboyer, M. (2013). Enquete fondamentale du 28 mars 2013 : L'Autisme en France. [http://www.fondation-fondamental.org/upload/pdf/dp\\_autisme\\_en\\_france-\\_enquete\\_doctissimo-fondation\\_fondamental.pdf](http://www.fondation-fondamental.org/upload/pdf/dp_autisme_en_france-_enquete_doctissimo-fondation_fondamental.pdf).
- Lemonnier, E. (2010). [Psychopathology in children with dyspraxia]. *Archives de pédiatrie*:

- organe officiel de la Société française de pédiatrie*, 17(8), 1243–1248. doi:10.1016/j.arcped.2010.05.015
- Leonard, H. C., Bedford, R., Charman, T., Elsabbagh, M., Johnson, M. H., Hill, E. L., & BASIS team. (2014). Motor development in children at risk of autism: A follow-up study of infant siblings. *Autism: The International Journal of Research and Practice*, 18(3), 281–291. doi:10.1177/1362361312470037
- Libet, B., Gleason, C. A., Wright, E. W., & Pearl, D. K. (1983). Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity (readiness-Potential) the Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act. *Brain*, 106(3), 623–642. doi:10.1093/brain/106.3.623
- Lichtenstein, P., Carlström, E., Råstam, M., Gillberg, C., & Anckarsäter, H. (2010). The genetics of autism spectrum disorders and related neuropsychiatric disorders in childhood. *The American Journal of Psychiatry*, 167(11), 1357–1363. doi:10.1176/appi.ajp.2010.10020223
- Lindell, A. K., & Hudry, K. (2013). Atypicalities in cortical structure, handedness, and functional lateralization for language in autism spectrum disorders. *Neuropsychology Review*, 23(3), 257–270. doi:10.1007/s11065-013-9234-5
- Lingam, R., Hunt, L., Golding, J., Jongmans, M., & Emond, A. (2009). Prevalence of Developmental Coordination Disorder Using the DSM-IV at 7 Years of Age: A UK Population-Based Study. *Pediatrics*, 123(4), e693–e700. doi:10.1542/peds.2008-1770
- Lloyd, M., MacDonald, M., & Lord, C. (2013). Motor skills of toddlers with autism spectrum disorders. *Autism: The International Journal of Research and Practice*, 17(2), 133–146. doi:10.1177/1362361311402230
- Lopata, C., Hamm, E. M., Volker, M. A., & Sowinski, J. E. (2007). Motor and visuomotor skills of children with Asperger's disorder: preliminary findings. *Perceptual and Motor Skills*, 104(3 Pt 2), 1183–1192.
- Lord, C., Rutter, M., & Couteur, A. L. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revised: A revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(5), 659–685. doi:10.1007/BF02172145
- Lovaas, O. I. (1987). Behavioral treatment and normal educational and intellectual functioning in young autistic children. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 55(1), 3.
- MacDonald, R., Green, G., Mansfield, R., Geckeler, A., Gardenier, N., Anderson, J., ... Sanchez, J. (2007). Stereotypy in young children with autism and typically developing children. *Research in Developmental Disabilities*, 28(3), 266–277. doi:10.1016/j.ridd.2006.01.004
- Madieu, E., & Ruiz, S. (2013). Prise en charge des difficultés motrices des personnes avec TSA sans déficience intellectuelle : adaptation et utilisation de la méthode CO-OP -. In *Autisme et Psychomotricité, sous la direction de J.Perrin et T.Maffre*. Bruxelles; [Marseille]: De Boeck ; Solal.

- Maenner, M. J., Rice, C. E., Arneson, C. L., Cunniff, C., Schieve, L. A., Carpenter, L. A., ... Durkin, M. S. (2014). Potential Impact of DSM-5 Criteria on Autism Spectrum Disorder Prevalence Estimates. *JAMA Psychiatry*. doi:10.1001/jamapsychiatry.2013.3893
- Magalhães, L. C., Missiuna, C., & Wong, S. (2006). Terminology used in research reports of developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(11), 937–941. doi:10.1111/j.1469-8749.2006.02040a.x
- Manjiviona, J., & Prior, M. (1995). Comparison of Asperger syndrome and high-functioning autistic children on a Test of Motor Impairment. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 25(1), 23–39. doi:10.1007/BF02178165
- 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 of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1430), 393–403. doi:10.1098/rstb.2002.1205
- Markoulakis, R., Scharoun, S. M., Bryden, P. J., & Fletcher, P. C. (2012). An examination of handedness and footedness in children with high functioning autism and Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(10), 2192–2201. doi:10.1007/s10803-012-1469-0
- Martini, R., St-Pierre, M.-F., & Wilson, B. N. (2011a). French Canadian cross-cultural adaptation of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire '07: DCDQ-FC. *Canadian Journal of Occupational Therapy. Revue Canadienne D'ergothérapie*, 78(5), 318–327.
- Martini, R., St-Pierre, M.-F., & Wilson, B. N. (2011b). French Canadian Cross-Cultural Adaptation of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire '07: DCDQ-FC. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 78(5), 318–327. doi:10.2182/cjot.2011.78.5.7
- Matson, M. L., Matson, J. L., & Beighley, J. S. (2011). Comorbidity of physical and motor problems in children with autism. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2304–2308. doi:10.1016/j.ridd.2011.07.036
- Mattard-Labrecque, C., Ben Amor, L., & Couture, M. M. (2013). Children with Autism and Attention Difficulties: A Pilot Study of the Association between Sensory, Motor, and Adaptive Behaviors. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 22(2), 139–146.
- McCleery, J. P., Elliott, N. A., Sampanis, D. S., & Stefanidou, C. A. (2013). Motor development and motor resonance difficulties in autism: relevance to early intervention for language and communication skills. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7, 30. doi:10.3389/fnint.2013.00030
- McColl, M. A., Law, M., Baptiste, S., Pollock, N., Carswell, A., & Polatajko, H. J. (2005). Targeted Applications of the Canadian Occupational Performance Measure. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 72(5), 298–300. doi:10.1177/000841740507200506
- McGrath, J. J., Petersen, L., Agerbo, E., Mors, O., Mortensen, P. B., & Pedersen, C. B.

- (2014). A Comprehensive Assessment of Parental Age and Psychiatric Disorders. *JAMA Psychiatry*. doi:10.1001/jamapsychiatry.2013.4081
- Meichenbaum, D. (1977). *Cognitive-Behavior Modification: An Integrative Approach*. Springer.
- Miller, J. M., Singer, H. S., Bridges, D. D., & Waranch, H. R. (2006). Behavioral therapy for treatment of stereotypic movements in nonautistic children. *Journal of Child Neurology*, 21(2), 119–125.
- Ming, X., Brimacombe, M., & Wagner, G. C. (2007). Prevalence of motor impairment in autism spectrum disorders. *Brain & Development*, 29(9), 565–570. doi:10.1016/j.braindev.2007.03.002
- Ministère de l'Éducation National, Ministère des affaires sociales et de la santé, & Ministère délégué chargé des personnes handicapées et de la lutte contre l'exclusion. (2014, February 13). Instruction interministérielle relative à la mise en oeuvre des plans régionaux d'action, des créations de places et des unités d'enseignement prévus par le 3ème plan autisme (2013-2017). [http://www.anesm.sante.gouv.fr/IMG/cir\\_38023.pdf](http://www.anesm.sante.gouv.fr/IMG/cir_38023.pdf).
- Minshew, N. J., Sung, K., Jones, B. L., & Furman, J. M. (2004). Underdevelopment of the postural control system in autism. *Neurology*, 63(11), 2056–2061.
- Minshew, N. J., Goldstein, G., & Siegel, D. J. (1997). Neuropsychologic functioning in autism: Profile of a complex information processing disorder. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3(04), 303–316.
- Missiuna, C. (1998). Development of “All about Me,” a Scale that Measures Children's Perceived Motor Competence. *Occupational Therapy Journal of Research*, 18(2), 85–108.
- Missiuna, C., & Pollock, N. (2000). Perceived efficacy and goal setting in young children. *Canadian Journal of Occupational Therapy. Revue Canadienne D'ergothérapie*, 67(2), 101–109.
- Miyahara, M. (2013). Meta review of systematic and meta analytic reviews on movement differences, effect of movement based interventions, and the underlying neural mechanisms in autism spectrum disorder. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7, 16. doi:10.3389/fnint.2013.00016
- 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. doi:10.1023/A:1025834211548
- Molloy, C. A., Dietrich, K. N., & Bhattacharya, A. (2003). Postural Stability in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(6), 643–652. doi:10.1023/B:JADD.0000006001.00667.4c
- Mon-Williams, M. A., Wann, J. P., & Pascal, E. (1999). Visual-proprioceptive mapping in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine and*

- Moruzzi, S., Ogliari, A., Ronald, A., Happé, F., & Battaglia, M. (2011). The nature of covariation between autistic traits and clumsiness: a twin study in a general population sample. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(12), 1665–1674. doi:10.1007/s10803-011-1199-8
- Mostofsky, S. H., Powell, S. K., Simmonds, D. J., Goldberg, M. C., Caffo, B., & Pekar, J. J. (2009). Decreased connectivity and cerebellar activity in autism during motor task performance. *Brain: A Journal of Neurology*, 132(Pt 9), 2413–2425. doi:10.1093/brain/awp088
- 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: JINS*, 12(3), 314–326.
- Mottron, L. (2013, December 16). *L'hétérogénéité phénotypique fait obstacle au diagnostic catégoriel de l'autisme, mais informe sur ses mécanismes génétiques, neurologiques, et cognitifs*. Conférence presented at the Journée Scientifique TDAH et TSA, Maison de la Chimie, Paris.
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced Perceptual Functioning in Autism: An Update, and Eight Principles of Autistic Perception. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 27–43. doi:10.1007/s10803-005-0040-7
- Müller, R.-A., Pierce, K., Ambrose, J. B., Allen, G., & Courchesne, E. (2001). Atypical patterns of cerebral motor activation in autism: a functional magnetic resonance study. *Biological Psychiatry*, 49(8), 665–676. doi:10.1016/S0006-3223(00)01004-0
- Nadel, J. (2013). L'imitation, une psychomotricité partagée. In *Autisme et psychomotricité*. Bruxelles; [Marseille]: De Boeck ; Solal.
- Nayate, A., Tonge, B. J., Bradshaw, J. L., McGinley, J. L., Iansek, R., & Rinehart, N. J. (2012). Differentiation of High-Functioning Autism and Asperger's Disorder Based on Neuromotor Behaviour. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(5), 707–717. doi:10.1007/s10803-011-1299-5
- Nazarali, N., Glazebrook, C. M., & Elliott, D. (2009). Movement Planning and Reprogramming in Individuals With Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(10), 1401–1411. doi:10.1007/s10803-009-0756-x
- Nelson, H. E. (1976). A modified card sorting test sensitive to frontal lobe defects. *Cortex*, 12(4), 313–324.
- Nobile, M., Perego, P., Piccinini, L., Mani, E., Rossi, A., Bellina, M., & Molteni, M. (2011). Further evidence of complex motor dysfunction in drug naïve children with autism using automatic motion analysis of gait. *Autism*, 15(3), 263–283. doi:10.1177/1362361309356929
- Nolan, L., Grigorenko, A., & Thorstensson, A. (2005). Balance control: sex and age

- differences in 9- to 16-year-olds. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(7), 449–454. doi:10.1111/j.1469-8749.2005.tb01170.x
- Noterdaeme, M., Mildenberger, K., Minow, F., & Amorosa, H. (2002). Evaluation of neuromotor deficits in children with autism and children with a specific speech and language disorder. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 11(5), 219–225. doi:10.1007/s00787-002-0285-z
- Noterdaeme, M., Wriedt, E., & Höhne, C. (2010). Asperger's syndrome and high-functioning autism: language, motor and cognitive profiles. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 19(6), 475–481. doi:10.1007/s00787-009-0057-0
- O'Brien, J., Spencer, J., Atkinson, J., Braddick, O., & Wattam-Bell, J. (2002). Form and motion coherence processing in dyspraxia: evidence of a global spatial processing deficit. *Neuroreport*, 13(11), 1399–1402.
- Ospina, M. B., Krebs Seida, J., Clark, B., Karkhaneh, M., Hartling, L., Tjosvold, L., ... Smith, V. (2008). Behavioural and developmental interventions for autism spectrum disorder: a clinical systematic review. *PloS One*, 3(11), e3755. doi:10.1371/journal.pone.0003755
- Ozonoff, S., Iosif, A.-M., Young, G. S., Hepburn, S., Thompson, M., Colombi, C., ... Rogers, S. J. (2011). Onset patterns in autism: correspondence between home video and parent report. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 50(8), 796–806.e1. doi:10.1016/j.jaac.2011.03.012
- 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. doi:10.1007/s10803-007-0430-0
- Pan, C.-Y., Tsai, C.-L., & Chu, C.-H. (2009). Fundamental Movement Skills in Children Diagnosed with Autism Spectrum Disorders and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(12), 1694–1705. doi:10.1007/s10803-009-0813-5
- Perrin, J., Laranjeira, C., Buchert, C., Bouvard, M., Maffre, T., Huc-Chabrolle, M., ... Lemenn-Tripi, C. (2013, May). *Motor Impairment in Autism Spectrum Disorders*. Poster, IMFAR, Barcelone.
- Perrin, J., Maffre, T., Barthélémy, C., & Corraze, J. (2013). *Autisme et psychomotricité*. Bruxelles; [Marseille]: De Boeck ; Solal.
- Peters, L. H. J., Maathuis, C. G. B., & Hadders-Algra, M. (2013). Neural correlates of developmental coordination disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55 Suppl 4, 59–64. doi:10.1111/dmcn.12309
- Philip, R. C. M., Dauvermann, M. R., Whalley, H. C., Baynham, K., Lawrie, S. M., & Stanfield, A. C. (2012). A systematic review and meta-analysis of the fMRI investigation of autism spectrum disorders. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(2), 901–942. doi:10.1016/j.neubiorev.2011.10.008

- Piek, J. P., & Dyck, M. J. (2004). Sensory-motor deficits in children with developmental coordination disorder, attention deficit hyperactivity disorder and autistic disorder. *Human Movement Science*, 23(3-4), 475–488. doi:10.1016/j.humov.2004.08.019
- Pinborough-Zimmerman, J., Bakian, A. V., Fombonne, E., Bilder, D., Taylor, J., & McMahon, W. M. (2012). Changes in the administrative prevalence of autism spectrum disorders: contribution of special education and health from 2002-2008. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(4), 521–530. doi:10.1007/s10803-011-1265-2
- Pless, M., Carlsson, M., Sundelin, C., & Persson, K. (2002). Preschool children with developmental coordination disorder: a short-term follow-up of motor status at seven to eight years of age. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992)*, 91(5), 521–528.
- Polatajko, H. J., & Cantin, N. (2005). Developmental coordination disorder (dyspraxia): an overview of the state of the art. *Seminars in Pediatric Neurology*, 12(4), 250–258. doi:10.1016/j.spen.2005.12.007
- Polatajko, H. J., Mandich, A. D., Miller, L. T., & Macnab, J. J. (2001). Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP): part II--the evidence. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 20(2-3), 83–106.
- Prado, C. (2012). Le coût économique et social de l'autisme – Christel PRADO | CRA. Retrieved from [http:// www.cra-npdc.fr/ 2012/ 10/ le -cout -economique -et -social -de -lautisme -christel-prado/](http://www.cra-npdc.fr/2012/10/le-coût-économique-et-social-de-lautisme-christel-prado/)
- Przysucha, E. P., Taylor, M. J., & Weber, D. (2008). The nature and control of postural adaptations of boys with and without developmental coordination disorder. *Adapted Physical Activity Quarterly: APAQ*, 25(1), 1–16.
- Reiersen, A. M., Constantino, J. N., & Todd, R. D. (2008). Co-occurrence of motor problems and autistic symptoms in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 47(6), 662–672. doi:10.1097/CHI.0b013e31816bff88
- Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, 8(3), 271–276.
- Richardson, A. J., & Montgomery, P. (2005). The Oxford-Durham study: a randomized, controlled trial of dietary supplementation with fatty acids in children with developmental coordination disorder. *Pediatrics*, 115(5), 1360–1366. doi:10.1542/peds.2004-2164
- Riethmuller, A. M., Jones, R. A., & Okely, A. D. (2009). Efficacy of Interventions to Improve Motor Development in Young Children: A Systematic Review. *Pediatrics*, 124(4), e782–e792. doi:10.1542/peds.2009-0333
- Rimland, B. (1964). *Infantile autism: The syndrome and its implications for a neural theory of behavior* (Vol. x). East Norwalk, CT, US: Appleton-Century-Crofts.
- Rinehart, N. J., Bellgrove, M. A., Tonge, B. J., Brereton, A. V., Howells-Rankin, D., & Bradshaw, J. L. (2006). An Examination of Movement Kinematics in Young People



- with High-functioning Autism and Asperger's Disorder: Further Evidence for a Motor Planning Deficit. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(6), 757–767. doi:10.1007/s10803-006-0118-x
- Rinehart, N. J., Bradshaw, J. L., Brereton, A. V., & Tonge, B. J. (2001). Movement Preparation in High-Functioning Autism and Asperger Disorder: A Serial Choice Reaction Time Task Involving Motor Reprogramming. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(1), 79–88. doi:10.1023/A:1005617831035
- Rinehart, N. J., Tonge, B. J., Iansek, R., McGinley, J., Brereton, A. V., Enticott, P. G., & Bradshaw, J. L. (2006). Gait function in newly diagnosed children with autism: cerebellar and basal ganglia related motor disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(10), 819–824. doi:10.1017/S0012162206001769
- Rivlis, I., Hay, J., Cairney, J., Klentrou, P., Liu, J., & Fought, B. E. (2011). Physical activity and fitness in children with developmental coordination disorder: A systematic review. *Research in Developmental Disabilities*, 32(3), 894–910. doi:10.1016/j.ridd.2011.01.017
- Robinson, E. B., Lichtenstein, P., Anckarsäter, H., Happé, F., & Ronald, A. (2013). Examining and interpreting the female protective effect against autistic behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201211070. doi:10.1073/pnas.1211070110
- Rogers, S. J., Hepburn, S. L., Stackhouse, T., & Wehner, E. (2003). Imitation performance in toddlers with autism and those with other developmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(5), 763–781. doi:10.1111/1469-7610.00162
- Rojahn, J., Polster, L. M., Mulick, J. A., & Wisniewski, J. J. (1989). Reliability of the behavior problems inventory. *Journal of the Multihandicapped Person*, 2(4), 283–293.
- Rosenbaum, D. A. (2009). *Human Motor Control*. Academic Press.
- Rosenblum, S., & Livneh-Zirinski, M. (2008). Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 27(2), 200–214. doi:10.1016/j.humov.2008.02.011
- Sacrey, L.-A. R., Germani, T., Bryson, S. E., & Zwaigenbaum, L. (2014). Reaching and Grasping in Autism Spectrum Disorder: A Review of Recent Literature. *Frontiers in Neurology*, 5, 6. doi:10.3389/fneur.2014.00006
- Saemundsen, E., Magnússon, P., Georgsdóttir, I., Egilsson, E., & Rafnsson, V. (2013). Prevalence of autism spectrum disorders in an Icelandic birth cohort. *BMJ Open*, 3(6). doi:10.1136/bmjopen-2013-002748
- Sahlander, C., Mattsson, M., & Bejerot, S. (2008). Motor function in adults with Asperger's disorder: a comparative study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 24(2), 73–81. doi:10.1080/15368370701380843
- Samson, F., Mottron, L., Soulières, I., & Zeffiro, T. A. (2012). Enhanced visual functioning in autism: An ALE meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 33(7), 1553–1581. doi:10.1002/hbm.21307

- Schopler, E., Mesibov, G. B., & Hearsey, K. (1995). Structured teaching in the TEACCH system. In *Learning and cognition in autism* (pp. 243–268). Springer. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-1286-2\\_13](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-1286-2_13)
- Schopler, E., & Tréhin, C. (1994). *Profil psycho-éducatif (PEP-R): évaluation et intervention individualisée pour enfants autistes ou présentant des troubles du développement*. De Boeck Supérieur.
- Seibert, J. M., & Hogan, A. E. (1982). *Procedures Manual for the Early Social-Communication Scales (ESCS)*. Mailman Center for Child Development, University of Miami.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 298(1089), 199–209.
- Shulman, B. B. (1986). *Test of pragmatic skills*. Communication Skill Builders.
- Sigurdsson, E., Van Os, J., & Fombonne, E. (2002). Are impaired childhood motor skills a risk factor for adolescent anxiety? Results from the 1958 U.K. birth cohort and the National Child Development Study. *The American Journal of Psychiatry*, 159(6), 1044–1046.
- Simonoff, E., Pickles, A., Charman, T., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2008a). Psychiatric disorders in children with autism spectrum disorders: prevalence, comorbidity, and associated factors in a population-derived sample. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 47(8), 921–929. doi:10.1097/CHI.0b013e318179964f
- Simonoff, E., Pickles, A., Charman, T., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2008b). Psychiatric disorders in children with autism spectrum disorders: prevalence, comorbidity, and associated factors in a population-derived sample. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 47(8), 921–929. doi:10.1097/CHI.0b013e318179964f
- Slater, L. M., Hillier, S. L., & Civetta, L. R. (2010). The clinimetric properties of performance-based gross motor tests used for children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Pediatric Physical Therapy: The Official Publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 22(2), 170–179. doi:10.1097/PEP.0b013e3181dbeff0
- Smits-Engelsman, B. C. M., Blank, R., van der Kaay, A.-C., Mosterd-van der Meijs, R., Vlugt-van den Brand, E., Polatajko, H. J., & Wilson, P. H. (2013). Efficacy of interventions to improve motor performance in children with developmental coordination disorder: a combined systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(3), 229–237. doi:10.1111/dmcn.12008
- Smits-Engelsman, B. C. M., & Wilson, P. H. (2013). Noise, variability, and motor performance in developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55, 69–72. doi:10.1111/dmcn.12311
- Smits-Engelsman, B. C. M., Niemeijer, A. S., & van Waelvelde, H. (2011). Is the Movement

- Assessment Battery for Children-2nd edition a reliable instrument to measure motor performance in 3 year old children? *Research in Developmental Disabilities*, 32(4), 1370–1377. doi:10.1016/j.ridd.2011.01.031
- Smith, L. B. (2006). Movement Matters: The Contributions of Esther Thelen. Retrieved from <http://philpapers.org/rec/LINMMT>
- Smits-Engelsman, B. C. M., Wilson, P. H., Westenberg, Y., & Duysens, J. (2003). Fine motor deficiencies in children with developmental coordination disorder and learning disabilities: an underlying open-loop control deficit. *Human Movement Science*, 22(4-5), 495–513.
- Smyth, M. M., & Mason, U. C. (1998). Use of proprioception in normal and clumsy children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 40(10), 672–681.
- Soppelsa, R., & Albaret, J. M. (2004). Manuel de la Batterie d'Evaluation du Mouvement chez l'Enfant. Paris: Éditions Du Centre de Psychologie Appliquée.
- Sparrow, S. S., Balla, D. A., & Cicchetti, D. V. (1984). *Vineland adaptive behavior scales: Interview edition, survey form manual*. American Guidance Service Circle Pines, MN. Retrieved from <http://www.getcited.org/pub/102417475>
- Spek, A., Schatorjé, T., Scholte, E., & van Berckelaer-Onnes, I. (2009). Verbal fluency in adults with high functioning autism or Asperger syndrome. *Neuropsychologia*, 47(3), 652–656. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.11.015
- Stambak, M., L'heriteau, D., Auzias, M., Bergès, J., & Ajuriaguerra, J. de. (1964). Les dyspraxies chez l'enfant. *Psychiatr Enfant*, 7, 381–496.
- Stanfield, A. C., McIntosh, A. M., Spencer, M. D., Philip, R., Gaur, S., & Lawrie, S. M. (2008). Towards a neuroanatomy of autism: a systematic review and meta-analysis of structural magnetic resonance imaging studies. *European Psychiatry: The Journal of the Association of European Psychiatrists*, 23(4), 289–299. doi:10.1016/j.eurpsy.2007.05.006
- Staples, K. L., & Reid, G. (2010). Fundamental Movement Skills and Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(2), 209–217. doi:10.1007/s10803-009-0854-9
- State, M. W. (2010). The genetics of child psychiatric disorders: focus on autism and Tourette syndrome. *Neuron*, 68(2), 254–269. doi:10.1016/j.neuron.2010.10.004
- Steinman, K. J., Mostofsky, S. H., & Denckla, M. B. (2010). Toward a Narrower, More Pragmatic View of Developmental Dyspraxia. *Journal of Child Neurology*, 25(1), 71–81. doi:10.1177/0883073809342591
- Stephenson, E. A., & Chesson, R. A. (2008). “Always the guiding hand”: parents’ accounts of the long-term implications of developmental co-ordination disorder for their children and families. *Child: Care, Health and Development*, 34(3), 335–343. doi:10.1111/j.1365-2214.2007.00805.x
- 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. doi:10.1007/s10803-006-0340-6
- 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. doi:10.1073/pnas.95.23.13982
- Thede, L. L., & Coolidge, F. L. (2007). Psychological and neurobehavioral comparisons of children with Asperger's Disorder versus High-Functioning Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5), 847–854. doi:10.1007/s10803-006-0212-0
- Travers, B. G., Powell, P. S., Klinger, L. G., & Klinger, M. R. (2013). Motor Difficulties in Autism Spectrum Disorder: Linking Symptom Severity and Postural Stability. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(7), 1568–1583. doi:10.1007/s10803-012-1702-x
- Tsai, C.-L., Pan, C.-Y., Cherng, R.-J., & Wu, S.-K. (2009). Dual-task study of cognitive and postural interference: a preliminary investigation of the automatization deficit hypothesis of developmental co-ordination disorder. *Child: Care, Health and Development*, 35(4), 551–560. doi:10.1111/j.1365-2214.2009.00974.x
- Tseng, M.-H., Howe, T.-H., Chuang, I.-C., & Hsieh, C.-L. (2007). Cooccurrence of problems in activity level, attention, psychosocial adjustment, reading and writing in children with developmental coordination disorder. *International Journal of Rehabilitation Research. Internationale Zeitschrift Für Rehabilitationsforschung. Revue Internationale de Recherches de Réadaptation*, 30(4), 327–332. doi:10.1097/MRR.0b013e3282f144c7
- Vaivre-Douret, L. (2007). [Non-verbal learning disabilities: developmental dyspraxia]. *Archives de pédiatrie: organe officiel de la Société française de pédiatrie*, 14(11), 1341–1349. doi:10.1016/j.arcped.2007.06.034
- Van Dellen, T., & Geuze, R. H. (1988). Motor response processing in clumsy children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 29(4), 489–500.
- Van Swieten, L. M., van Bergen, E., G, H., Wilson, A. D., Plumb, M. S., Kent, S. W., & Mon-Williams, M. A. (2010). A test of motor (not executive) planning in developmental coordination disorder and autism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(2), 493–499. doi:10.1037/a0017177
- Van Waelvelde, H., Oostra, A., Dewitte, G., Van Den Broeck, C., & Jongmans, M. J. (2010). Stability of motor problems in young children with or at risk of autism spectrum disorders, ADHD, and or developmental coordination disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 52(8), e174–178. doi:10.1111/j.1469-8749.2009.03606.x
- Van Waelvelde, H., Peersman, W., Lenoir, M., & Smits Engelsman, B. C. M. (2007). The reliability of the Movement Assessment Battery for Children for preschool children with mild to moderate motor impairment. *Clinical Rehabilitation*, 21(5), 465–470. doi:10.1177/0269215507074052
- Venetsanou, F., Kambas, A., Ellinoudis, T., Fatouros, I., Giannakidou, D., & Kourtessis, T.

- (2011). Can the movement assessment battery for children-test be the “gold standard” for the motor assessment of children with Developmental Coordination Disorder? *Research in Developmental Disabilities*, 32(1), 1–10. doi:10.1016/j.ridd.2010.09.006
- Vermeulen, P. (2010). *Je suis spécial: manuel psycho-éducatif pour autistes*. Bruxelles: De Boeck.
- Vernazza-Martin, S., Martin, N., Vernazza, A., Lepellec-Muller, A., Rufo, M., Massion, J., & Assaiante, C. (2005). Goal Directed Locomotion and Balance Control in Autistic Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35(1), 91–102. doi:10.1007/s10803-004-1037-3
- Verté, S., Geurts, H. M., Roeyers, H., Rosseel, Y., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2006). Can the Children’s Communication Checklist differentiate autism spectrum subtypes? *Autism: The International Journal of Research and Practice*, 10(3), 266–287. doi:10.1177/1362361306063299
- Vilensky JA, Damasio AR, & Maurer RG. (1981). Gait disturbances in patients with autistic behavior: A preliminary study. *Archives of Neurology*, 38(10), 646–649. doi:10.1001/archneur.1981.00510100074013
- Volkmar, F. R., Klin, A., & Pauls, D. (1998). Nosological and genetic aspects of Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 28(5), 457–463.
- Volman, M. J., & Geuze, R. H. (1998). Stability of rhythmic finger movement in children with a developmental coordination disorder. *Motor Control*, 2(1), 34–60.
- WHO World Health Organisation. (2007). WHO | ICD-10 online versions. *WHO*. Retrieved March 1, 2014, from <http://www.who.int/classifications/icd/icdonlineversions/en/>
- WHO World Health Organisation. (1992). *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: clinical descriptions and diagnostic guidelines* (Vol. 1). World Health Organization.
- Williams, J. H. G., Whiten, A., & Singh, T. (2004). A systematic review of action imitation in autistic spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(3), 285–299.
- Wilson, B. N., Crawford, S. G., Green, D., Roberts, G., Aylott, A., & Kaplan, B. J. (2009). Psychometric properties of the revised Developmental Coordination Disorder Questionnaire. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 29(2), 182–202. doi:10.1080/01942630902784761
- Wilson, P. H., Ruddock, S., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., & Blank, R. (2013). Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: a meta-analysis of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(3), 217–228. doi:10.1111/j.1469-8749.2012.04436.x
- Wilson, P. H. (2005). Practitioner review: approaches to assessment and treatment of children with DCD: an evaluative review. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 46(8), 806–823. doi:10.1111/j.1469-7610.2005.01409.x
- Wing, L. (1981). Asperger’s syndrome: A clinical account. *Psychological Medicine*, 11(1),

- Wolpaw, J. R., Kieffer, V. A., Seegal, R. F., Braitman, D. J., & Sanders, M. G. (1983). Adaptive plasticity in the spinal stretch reflex. *Brain Research*, 267(1), 196–200. doi:10.1016/0006-8993(83)91059-4
- Wolpert, D. M., & Ghahramani, Z. (2000). Computational principles of movement neuroscience. *Nature Neuroscience*, 3 Suppl, 1212–1217. doi:10.1038/81497
- Yirmiya, N., & Charman, T. (2010). The prodrome of autism: early behavioral and biological signs, regression, peri- and post-natal development and genetics. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 51(4), 432–458. doi:10.1111/j.1469-7610.2010.02214.x
- Yu, K. K., Cheung, C., Chua, S. E., & McAlonan, G. M. (2011). Can Asperger syndrome be distinguished from autism? An anatomic likelihood meta-analysis of MRI studies. *Journal of Psychiatry & Neuroscience : JPN*, 36(6), 412–421. doi:10.1503/jpn.100138
- 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: The Official Journal of the International Society for Developmental Neuroscience*, 23(2-3), 143–152. doi:10.1016/j.ijdevneu.2004.05.001
- Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2012). Developmental coordination disorder: A review and update. *European Journal of Paediatric Neurology*, 16(6), 573–581. doi:10.1016/j.ejpn.2012.05.005

## ANNEXE 2 : TSA ET ANALYSE CINEMATIQUE DE LA MARCHE

		HFA	AS
<b>Chester 2012</b> Population : 5 à 9 ans 12HFA/22C	Indices spatiotemporels de la marche et indices de symétrie :		
	Cadence (step/min)		
	Longueur du cycle		
	Temps de "swing" et temps d'appui	N	-
	Temps de double appui		
	Ratio swing/appui		
	+ 6 mesures de symétrie pour chacun		
<b>Nayate 2011</b> Population: 7 à 18 ans 11HFA/11AS/11C	Variabilité de la base de support (en marche simple à la vitesse préférée, et avec aide visuelle)	N	↑
	Largeur de l'axe Y (en tache duelle motricité-langage ou motricité)	N	↑
	Largeur de la base de support (à toutes les vitesses de marche)	↑	N
	Variabilité de la longueur du cycle	↑	N
<b>Calhoun 2010</b> Population : 5 à 9 ans 12HFA/22C	Cadence	↑	-
	• Paramètres cinématiques et cinétiques de la cheville :		
	- flexion dorsale max: (angle en phase de swing)	↑	-
	-flexion plantaire max (angle et durée)	↓	-
	• Paramètres cinématiques et cinétiques de la hanche		
	- flexion maximum : angle en swing et appui	↑	-
	-flexion maximum : durée	↓	-
	-Ecart de mouvement de la hanche	↑	-
<b>Rinehart 2006</b> Population: 6 à 15 ans 10HFA/10AS/10C	Variabilité de la longueur du cycle (conditions : préférentielle, avec et sans marquage au sol)	↑	N
	Anomalies qualitatives de posture des bras (EVA)	↑	N
	Anomalies qualitatives de la coordination et smoothness (EVA)	↑	↑
	Anomalies qualitatives posture du tronc et de la tête	N	↑
<b>Vernazza 2005</b> Population : 4 à 6 ans 9HFA/6C (AS exclus)	Longueur du pas (durée du cycle, vitesse, cadence... sont normaux)	↓	-
	Oscillations du haut du corps (↑ variabilité de la translation verticale de tête-épaule-hanche-pieds et ↑ dispersion angulaire de tête-épaule-hanche)	↑	-
	Angle de la trajectoire par rapport à l'objectif et distance de l'objectif	↑	
<b>Hallet 1993</b> Population : Adultes	Ecart de mouvement de la cheville	↓	-
	Variabilité de la longueur du cycle	↑	-
<b>Vilensky 1981</b> Population : 4 à 12 ans 22HFA/15C (mais DI ?)	Durée de la phase d'appui	↑	-
	Longueur du cycle	↓	-
	Mouvements des membres supérieurs	↓	
	Flexion de la hanche	↑	-
	Extension du genou	↓	-
	Pattern de contact du pied	≠	-
	Angle de flexion plantaire de la cheville	↑	-



### ANNEXE 3 : TSA ET MOTRICITE FINE

	TR	TM	Précision
<b>Mari et al., 2003</b>			
"Reach to grasp task" (cubes) (résultats moins bons si on laisse les personnes avec DI)	N voire ↓	N voire ↓	
<b>Nazarali et al., 2009</b>			
1. Tâche de planification à l'avance (pointage) ("Pre cued aiming task" : un voyant indique la main, la direction)	↑	↑	
2. Tâche de reprogrammation de l'action (pointage) (Faux voyant qui indique la mauvaise main ou direction)	↑ (surtout si c'est un faux voyant pour la main)	↑	
<b>Glazebrook et al., 2008</b>			
Tâche de planification à l'avance (idem ci-dessus) ("Pre-cued aiming task" : main/direction)	↑	↑	
<b>Fabbri-Destro et al., 2008</b>			
1. Déplacement d'un objet dans un contenant ("reach and place task")		Reach ↑	
2. Idem plus difficile (dans un petit contenant)		Pas de ≠ avec tâche 1	
<b>Rinehart et al., 2001</b>			
Tâche de planification de l'action ("serial choice button pressing task", une led s'allume et il faut presser le bouton correspondant au-dessus)	↑		
Tâche avec reprogrammation de l'action ("serial choice button pressing task" avec modification de la séquence d'un coup)	-AS ↑ vs C -HFA N vs C = TR de la 1 (pas de modulation selon la difficulté)		
<b>Rinehart et al., 2006</b>			
1. Pointer la cible, localisations aléatoires (tablette digitale avec un stylet)	↑	N	N
2. Pointer la cible, localisations inattendues (donc doivent inhiber mauvaise réponse)	↑	N	N
3. Pointer la cible, localisations inattendues, mais doivent pointer côté opposé de la cible	↑ (AS=N)	N sauf pour HFA localisation attendue ↑ (pas de modulation)	N

## ANNEXE 4 : FEUILLES DE CONSENTEMENT (ENFANT ET ADULTE)



### FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

**Etude du lien entre langage et motricité chez les personnes avec Autisme de haut niveau et Syndrome d'Asperger**  
**Pr M.Bouvard**

Nous soussignés, Mme..... (nom, prénom) et M..... (nom, prénom), parents de ..... (nom, prénom du participant), certifions avoir lu et compris la note d'information qui nous a été remise.

Nous avons eu la possibilité de poser toutes les questions que nous souhaitons à Mlle Gallot ou au Dr Amestoy qui nous a expliqué la nature, les objectifs, les risques potentiels et les contraintes liées à la participation de notre enfant à cette recherche.

Nous connaissons la possibilité qui nous est réservée d'interrompre la participation de notre enfant à cette recherche à tout moment sans avoir à justifier notre décision et nous ferons notre possible pour en informer le médecin qui suit notre enfant dans la recherche. Cela ne remettra naturellement pas en cause la qualité des soins ultérieurs.

Nous avons eu l'assurance que les décisions qui s'imposent pour la santé de notre enfant seront prises à tout moment, conformément à l'état actuel des connaissances médicales.

Nous acceptons que seules les personnes qui collaborent à cette recherche ou qui sont mandatées par le procureur, ainsi qu'éventuellement le représentant des Autorités de Santé, aient accès à l'information dans le respect le plus strict de la confidentialité.

Nous avons bien noté que, conformément aux dispositions de la loi relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, nous disposons d'un droit d'accès et de rectification. Nous disposons également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette recherche et d'être traitées. Ces droits s'exercent auprès du médecin qui suit notre enfant dans le cadre de cette recherche et qui connaît son identité.

Notre consentement ne décharge en rien l'investigateur et le promoteur de la recherche de leurs responsabilités à l'égard de notre enfant. Notre enfant conserve tous les droits garantis par la loi.

Les résultats globaux de la recherche nous seront communiqués directement, si nous le souhaitons, conformément à la loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé.

**Après avoir reçu ces informations, nous acceptons librement et volontairement que notre enfant :**

**-participe à la recherche : « Etude du lien entre le langage et la motricité chez les personnes avec autisme de haut niveau et syndrome d'Asperger »**

**Nous pourrions à tout moment demander des informations complémentaires au médecin qui a proposé à notre enfant de participer à cette recherche, n° de téléphone :**

Fait à .....	Fait à .....	Le tuteur a été informé de
Le .....	Le .....	sa participation à la recherche
Signature des deux	Signature du médecin:	et ne s'y oppose pas.
mandataires de l'autorité		Fait à .....
parentale :		Le .....
		Signature du tuteur :

--	--	--

1<sup>er</sup> feuillet (original) : à conserver par l'investigateur dans un lieu sûr fermant à clé pendant 30ans

2<sup>ème</sup> feuillet : à remettre au patient/sujet après signature

3<sup>ème</sup> feuillet : à ranger dans le classeur investigateur, il sera demandé par le promoteur ultérieurement

05/02/2013

## FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

**Etude du lien entre langage et motricité chez les personnes avec Autisme de haut niveau et Syndrome d'Asperger**  
**Pr M.Bouvard**

Je soussigné ..... (nom, prénom du participant), certifie avoir lu et compris la note d'information qui m'a été remise.

J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions que nous souhaitons Mlle Gallot ou au Dr Amestoy qui nous a expliqué la nature, les objectifs, les risques potentiels et les contraintes liées à ma participation à cette recherche.

Je connais la possibilité qui m'est réservée d'interrompre ma participation à cette recherche à tout moment sans avoir à justifier ma décision et je ferai mon possible pour en informer le médecin qui me suit dans la recherche. Cela ne remettra naturellement pas en cause la qualité des soins ultérieurs.

J'ai eu l'assurance que les décisions qui s'imposent pour ma santé seront prises à tout moment, conformément à l'état actuel des connaissances médicales.

J'accepte que seules les personnes qui collaborent à cette recherche ou qui sont mandatées par le procureur, ainsi qu'éventuellement le représentant des Autorités de Santé, aient accès à l'information dans le respect le plus strict de la confidentialité.

J'ai bien noté que, conformément aux dispositions de la loi relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, je dispose d'un droit d'accès et de rectification. Je dispose également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette recherche et d'être traitées. Ces droits s'exercent auprès du médecin qui me suit dans le cadre de cette recherche et qui connaît mon identité.

Mon consentement ne décharge en rien l'investigateur et le promoteur de la recherche de leurs responsabilités à mon égard. Je conserve tous les droits garantis par la loi.

Les résultats globaux de la recherche me seront communiqués directement, si je le souhaite, conformément à la loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé.

**Ayant disposé d'un temps de réflexion suffisant avant de prendre notre décision, j'accepte librement et volontairement de :**

**-participer à la recherche : « Etude du lien entre le langage et la motricité chez les personnes avec autisme de haut niveau et syndrome d'Asperger »**

☐ oui ☐ non

**Je pourrai à tout moment demander des informations complémentaires au médecin qui m'a proposé de participer à cette recherche, n° de téléphone :**

Fait à .....

Le .....

Signature du participant :

Fait à .....

Le .....

Signature du médecin:

Le tuteur a été informé de sa participation à la recherche et ne s'y oppose pas.

Fait à .....

Le .....

Signature du tuteur :

--

--

--

1<sup>er</sup> feuillet (original) : à conserver par l'investigateur dans un lieu sûr fermant à clé pendant 30ans

2<sup>ème</sup> feuillet : à remettre au patient/sujet après signature

3<sup>ème</sup> feuillet : à ranger dans le classeur investigateur, il sera demandé par le promoteur ultérieurement

05/02/2013



Bordeaux, le 10 Décembre 2012

Madame, Monsieur,

Votre enfant ou vous même, avez été reçus au Centre Ressources Autisme du Professeur BOUVARD pour un bilan d'évaluation. Nous souhaitons vous informer d'un protocole de recherche actuellement réalisé au sein du Centre Ressource Autisme Aquitaine.

Cette étude a pour but d'approfondir les connaissances sur les Troubles Envahissants du Développement / Troubles du Spectre Autistique afin d'en améliorer le dépistage, le diagnostic et la prise en charge. Plus précisément, elle vise à explorer les domaines suivants:

- Perception visuelle :

Suivi du regard en « eye-tracking » et reconnaissance des visages (observation de photographies de visages et objets).

- Langage :

Évaluation orthophonique de la motricité bucco-faciale, de l'articulation, de la parole, du débit de parole et de l'intelligibilité.

- Motricité :

Posturométrie, enregistrement cinématique de la marche, pointage d'une cible sur un écran et interception de balles.

Au cours de cette étude, les participants bénéficient ainsi d'une évaluation de la perception visuelle, du langage et de la motricité approfondis. Ces évaluations se déroulent sur deux demi-journées. Des pauses sont régulièrement aménagées. Il est également possible de les répartir sur plusieurs séances d'une à trois heures, selon les disponibilités.

A l'issue du bilan, un compte-rendu est réalisé et communiqué au médecin référent du CRA. Un rendez-vous vous est ensuite proposé afin de communiquer le contenu. Les résultats globaux de la recherche pourront également vous être communiqués secondairement. Les données vous concernant ou concernant votre enfant resteront anonymes. La participation ou non à cette étude n'aura aucune incidence sur votre prise en charge ou celle de votre enfant.

Un contact téléphonique sera réalisé prochainement afin de vous proposer une participation à cette étude et de répondre à vos éventuelles questions la concernant.

En vous remerciant de l'intérêt porté à cette étude, nous vous prions de croire, Madame, Monsieur, à l'expression de nos salutations distinguées.

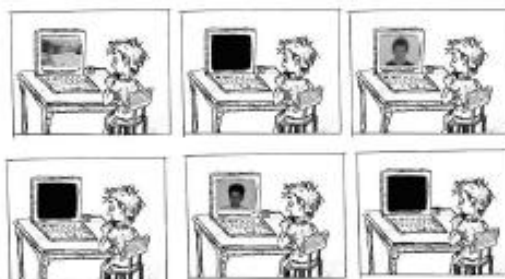
Professeur Manuel BOUVARD  
Chef du Pôle Universitaire de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent

C. GALLOT  
Interne au Centre Ressource Autisme

## ETUDE PERCEPTION, LANGAGE ET MOTRICITE :

### Déroulement

#### 1) Perception visuelle :



#### 2) Langage :



#### 3) Motricité :





## LIVRET PARTICIPANT

**Etude du lien entre langage et motricité chez les personnes avec  
Autisme de haut niveau et Syndrome d'Asperger**  
Investigateur principal : Pr Bouvard

<b>Date de remplissage :</b>	..... / ..... / .....
<b>Date de naissance du participant :</b>	..... / ..... / .....
<b>Sexe :</b>	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F

*Cher participant, cher parent,*

*Dans le cadre votre participation au projet de recherche, nous vous sollicitons pour remplir ces questionnaires afin d'appréhender au mieux votre profil.*

*Vous remarquerez peut-être que certains mots ne sont pas familiers, ou qu'ils sont utilisés d'une manière qui ne vous est pas familière. Si vous n'êtes pas sûr de la manière dont il faut répondre à une question, nous vous recommandons de répondre du mieux que vous pouvez. Ne vous inquiétez pas d'éventuelles 'bonnes' ou 'mauvaises' réponses et n'hésitez pas à poser des questions à la personne qui vous a remis ce document sur la manière de remplir ces questionnaires.*

*Il est vraiment important de répondre à chaque question. Nous sommes bien conscients du travail qu'impose le fait d'avoir à remplir ces questionnaires et nous sommes très reconnaissants de votre participation.*

*Ne vous forcez pas à tout finir en une fois. Remplissez ces questionnaires à votre rythme. Prenez le temps de vous rafraîchir la mémoire au début de chaque questionnaire. Les conclusions qui pourront être tirées pour la recherche dépendent du bien fondé de vos réponses.*

*Merci beaucoup,  
C.Gillot.*

## SOMMAIRE :

- ☐ Echelle du Syndrome d'Asperger
- ☐ Echelle de Réciprocité Sociale
- ☐ Echelle des Troubles du Développement et de la Coordination Motrice
- ☐ Echelle de Systématisation
- ☐ Echelle d'Empathie



EXPLORATION DES TROUBLES DU DEVELOPPEMENT DE LA COORDINATION					
Nom de la personne qui remplit le questionnaire : _____					
Quelle relation avez-vous avec le patient : Père <input type="checkbox"/> Mère <input type="checkbox"/> Grand parents <input type="checkbox"/> Tuteur <input type="checkbox"/>					
Ce questionnaire explore le développement des acquisitions motrices de votre enfant .Entourez le chiffre qui décrit le mieux votre enfant. <i>Si vous changez d'avis, entourer de deux cercles votre avis définitif</i>					
	Pas du tout comme les autres enfants 1	Un peu comme les autres enfants 2	Presque comme les autres enfants 3	Quasiment comme les autres enfants 4	Tout à fait comme les autres enfants 5
<b>AVANT 10 ANS</b>					
1. Votre enfant envoyait une balle de manière contrôlée et appropriée.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Votre enfant attrapait une petite balle (par ex, de la taille d'une balle de tennis) jetée d'une distance d'environ 2 mètres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Votre enfant frappait correctement une balle ou volant, avec une batte de baseball ou une raquette par exemple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Votre enfant sautait facilement au dessus des obstacles dans un jardin ou une aire de jeu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Votre enfant courait aussi vite et de manière à peu près identique aux enfants de son âge et de même sexe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Si votre enfant avait une activité motrice planifiée, il réussissait à utiliser son corps de manière organisée pour suivre son plan et réussir effectivement la tâche (par ex, construire une cabane avec des cartons ou des coussins, utiliser les équipements des aires de jeu, construire une maison avec des legos, utiliser du matériel de travaux manuels)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Votre enfant écrivait et dessinait suffisamment rapidement pour se maintenir au même rythme que le reste de la classe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Les lettres, des nombres et des mots écrits par votre enfant étaient lisibles, précisés et appropriés ou, si votre enfant n'écrivait pas il coloriait et dessinait de manière coordonnée des images que vous pouvez identifier.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Votre enfant fournissait un effort ou une tension appropriée lorsqu'il écrivait ou dessinait (ni pression excessive ni crispation sur le stylo, l'écriture n'est ni trop fine ni trop épaisse).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



	Pas du tout comme les autres enfants	Un peu comme les autres enfants	Presque comme les autres enfants	Quasiment comme les autres enfants	Tout à fait comme les autres enfants
	1	2	3	4	5
10. Votre enfant découpait des images et des formes précisément et facilement.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Votre enfant était intéressé et aimait/aimait participer aux activités sportives ou aux jeux qui requéraient une bonne compétence motrice	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Votre enfant apprenait de nouvelles activités motrices (ex. nager, faire du roller) facilement et n'avait pas besoin de plus de pratique ou de temps que les autres enfants.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Votre enfant était rapide et compétent pour ranger, s'habiller, mettre et lacer ses chaussures, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Votre enfant n'était pas décrit comme « un éléphant dans un magasin de porcelaine » (c'est-à-dire, tellement maladroit qu'il ou elle pourrait briser des choses fragiles dans une pièce)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Votre enfant ne semblait pas fatigable facilement, ni vouté ou affalé sur sa chaise s'il doit rester assis pour un long moment.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## ANNEXE 8 : LIVRET REMPLI PAR L'EVALUATEUR LORS DES VISITES D'INCLUSION

LIVRET EVALUATEUR	
<b>Date de remplissage :</b>	..... / ..... / ..... .....
<b>Date de naissance du participant :</b>	..... / ..... / ..... .....
<b>Sexe :</b>	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F
<b>Taille :</b>	<b>Poids :</b>

### CRITERES D'EDINBURGH : LATERALITE

Indiquez les préférences du participant dans l'usage de la main droite et de la main gauche pour ces différentes actions :

- 1) Ecrire.....☐Gauche ☐ Droite
  - 2) Dessiner.....☐Gauche ☐ Droite
  - 3) Jeter.....☐Gauche ☐ Droite
  - 4) Utiliser une paire de ciseaux.....☐Gauche ☐ Droite
  - 5) Se laver les dents.....☐Gauche ☐ Droite
  - 6) Utiliser un couteaux pour couper (sans fourchette) .....☐Gauche ☐ Droite
  - 7) Utiliser une cuillère. ....☐Gauche ☐ Droite
  - 8) Utiliser un balais (main supérieure) .....☐Gauche ☐ Droite
  - 9) Frapper à la porte.....☐Gauche ☐ Droite
  - 10) Ouvrir le couvercle d'une boîte.....☐Gauche ☐ Droite
- Autres préférences :
- 11) Shooter du pied ? .....☐Gauche ☐ Droite
  - 12) Quel œil utilisez-vous lorsque vous visez ? .....☐Gauche ☐ Droite

### DEVELOPPEMENT DU LANGAGE

- 1) Premiers mots avant 2 ans ?.....☐Oui ☐ Non  
Age des premiers mots ?.....mois
- 2) Premières phrases avant 3 ans ?.....☐Oui ☐ Non  
Age des premières phrases ?.....mois

### DEVELOPPEMENT DE LA MOTRICITE

- 1) Premiers pas avant 18 mois ?.....☐Oui ☐ Non  
Age des premiers pas ?.....mois
- 2) Première fois en vélo sans roulette avant 8ans ?.....☐Oui ☐ Non  
Age de l'apprentissage du vélo sans roulette ?.....ans
- 3) Difficultés d'apprentissage pour s'habiller, se boutonner, lacer ses chaussures ?  
.....☐Oui ☐ Non
- 4) Difficultés d'écriture, écriture peu lisible ?.....☐Oui ☐ Non
- 5) Présence d'une maladresse (laisse souvent tomber les objets) ? .....☐Oui ☐ Non

**14 marqueurs** : épaules, sternum, crêtes iliaques, sacrum, coudes, mains, 5<sup>e</sup> méta, talons

**+ ½ marqueur** : index

**POSTUROMETRIE : 20MIN**

*Maintenir la position debout pendant 30 secondes, bras le long du corps, tête droite*

**-posturoYO** : ☐réussi ☐échec

Si échec : Temps de maintien : \_\_\_\_ secondes / Nb d'essais : \_\_\_\_

**-posturoYF** : ☐réussi ☐échec

Si échec : Temps de maintien : \_\_\_\_ secondes / Nb d'essais : \_\_\_\_

Notes :

**MARCHE : 20MIN**

*Marcher naturellement jusqu'au bout de la pièce*

**-Marche simple** : 6 trajets

Notes :

**-Marche + comptage** : 6 trajets

Notes :

**-Marche + alphabet** : 6 trajets

Notes :

**-Marche + récit** : 6 trajets

Notes :

**Interception de balle : 20min**

*Debout, en face du robot de ping-pong*

Distance entre le robot et le sujet : \_\_\_\_ m (ou, si échec, entre lanceur et sujet : \_\_\_\_m)

Inclinaison du robot : \_\_\_\_cm

Vitesse : \_\_\_\_m/s Vitesse2 : \_\_\_\_m/s Vitesse3 : \_\_\_\_m/s (10 essais /conditions)

Pour chaque essai, noter A (attrape) ou E (échec)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10

Notes :

**POINTAGE : 30MIN**

*Toucher la cible jaune le plus vite possible. En attendant, poser l'index sur le rond bleu.*

*Rappel « vite vite » à C1 et C7.*

-Pointage4 : Nb essais :\_\_

Notes :

**Déroulement de l'atelier motricité :**

Maintenant, pendant les 2h qui viennent, on va faire des mouvements dans cette pièce. Il y a 4 ateliers : d'abord, on va faire juste de la station debout. Ensuite, on va marcher d'un bout à l'autre de la pièce. Ensuite on jouera avec une balle. Puis on ira derrière le panneau bleu pour pointer avec le doigt sur un écran.

**Performance**

Pour l'étude, il n'y a pas de bonne ou de mauvaise performance : la seule chose qu'on regarde, c'est la façon de faire les mouvements. Donc ce n'est pas du tout comme un examen. Il y aura des mouvements très faciles, d'autre plus complexes, c'est pas grave si on y arrive pas, ce qui m'intéresse c'est seulement comment on les fait.

**Marqueurs :**

On va utiliser le même équipement que celui utilisé pour les images de synthèse et les dessins animés des personnes en mouvement : ils placent des marqueurs sur des acteurs, ils les filment, puis ils font une reconstruction 3D du mouvement.

Ceci est un marqueur : c'est une petite boule réfléchissante qui va être filmée par les 8 caméras que vous voyez. Je vais me mettre 2 marqueurs sur les mains. Si je me déplace dans la pièce avec, vous pouvez voir le mouvement du marqueur sur l'écran. Je vais vous placer des boules réfléchissantes sur les 6 articulations principales : les épaules, les coudes, les mains, les hanches, les genoux et les pieds : il y en aura 14 en tout.

*[Mettre les marqueurs aux patients]*

**1)Posturométrie**

Pour le premier atelier, il faut d'abord maintenir la position debout pendant 30 secondes, bras le long du corps et tête droite.

*[Montrer la position. Positionner le patient et placer des scotchs sur l'emplacement des pieds]*

Je commencerai l'enregistrement quand je dirai « c'est parti » et je l'arrêterai quand je dirai « c'est fini »

*[posturoyo...]*

Il faut ensuite maintenir la même position les yeux fermés.

*[posturoyf...]*

**2)Marche**

Le 2<sup>e</sup> atelier est un atelier de marche. Il est très long (20min) parce qu'il faut beaucoup d'aller-retour pour pouvoir analyser les données. Je vous montre d'abord le trajet à faire.

*[faire le trajet en expliquant]*

Il faut juste marcher le plus normalement possible jusqu'au bout de la pièce, de façon naturelle. A chaque trajet, je vais avoir besoin de redémarrer les caméras donc vous attendrez que je dise « c'est parti » pour faire un nouveau trajet.

*[marche1à6...]*

Ensuite, je vais vous demander de faire les mêmes trajets en essayant de réciter l'alphabet

*[marchealphabet1à6...]*

Maintenant c'est l'atelier que je trouve le plus difficile mais l'important ce n'est pas de savoir si on y arrive ou pas. On va essayer de compter à partir de 99 en retirant 3 à chaque fois. Le but est seulement d'essayer de faire des soustractions pendant qu'on marche, c'est normal que ce soit dur, et ce n'est pas grave si on y arrive pas. Pendant les 6 trajets, on va donc faire 99, moins 3, moins 3...

*[marchecomptage1à6...]*

De quoi aimez-vous parler ? Accepteriez-vous de me parler de ça pendant que vous marchez ? On garde les mêmes trajets qu'avant. Après, l'atelier marche est terminé

*[marcherecit1à6...]*

**3)Interception**

Ceci est un robot. Il sert à envoyer une balle de pingpong tout en douceur. Venez avec moi on va lui donner une balle et le regarder fonctionner. *[montrer depuis derriere le robot puis se placer en face du robot]*

Maintenant, on va faire environ 10 essais de rattrapage. Comme d'habitude, c'est pas un examen, c'est pas grave si on rate la balle.

*[interception1à3-4...max 40secondes/enregistrement]*

**4)Pointage : ! SET B !**

On arrive maintenant au 4eme et dernier atelier qui est l'atelier de pointage. Pour ça on va mettre le marqueur spécial qui se met sur le bout du doigt.

Le but est de toucher la cible jaune le plus vite possible. En attendant, les cibles, il faut poser l'index sur le rond bleu, sinon ça ne marche pas et l'écran devient noir.

C'est toujours la cible jaune que l'on vise et une cible verte va t'indiquer où la cible jaune va apparaître. Il ne faut pointer que les cibles jaunes et pas les cibles vertes. Le but est de pointer « le plus vite possible » (Rappeler « vite vite » à C1 et C7)

*[pointage4]*

## ANNEXE 9 : FIGURES

---

Figure 1 : La boucle sensori-gnosi-motrice des troubles des interactions sociales dans les TSA	9
Figure 2 : Architecture génétique des Troubles du Spectre Disorder (Devlin & Scherer, 2012)	16
Figure 3 : Présentation des caractéristiques de motricité fine des personnes avec TSA	25
Figure 4 : Baisse de la connectivité et de l'activation cérébelleuse dans les TSA	30
Figure 5 : Hypothèse de Gowen et Hamilton 2013	31
Figure 6 : Le Trouble de l'Acquisition de la Coordination (d'après Albaret, 2012)	36
Figure 7 : Résumé des recommandations pour l'évaluation du TAC selon l'EACD	51
Figure 8 : Recommandation pour la conduite à tenir thérapeutique selon l'EACD	56
Figure 9 : La séquence d'activation des aires motrice selon le modèle « hiérarchique »	58
Figure 10 : Modèle de l'organisation de l'action de Vaivre Douret (2007)	59
Figure 11 : Processus computationnels impliqués dans le contrôle moteur	60
Figure 12: Ancienne classification des mouvements en Réflexe, Automatique et Volontaire	61
Figure 13: Schéma récapitulatif des différents niveaux de motricité	62
Figure 14: Cycle de marche chez l'homme	64
Figure 15 : Comorbidité TSA et TAC	69
Figure 16 : Comorbidité TSA, TDAH et TAC	69
Figure 17 : la baisse des performances motrices comme symptôme noyau du TSA	71
Figure 18 : la déficience intellectuelle comme étiologie de la baisse des performances motrices	72
Figure 19 : l'absence de trouble de la motricité fine	73
Figure 20 : la baisse des performances motrices comme spécifique du syndrome d'Asperger	74
Figure 21 : comorbidité, cooccurrence ou continuum, d'après Kaplan et al., 2006	78
Figure 22 : Cooccurrence des troubles neurodéveloppementaux	78
Figure 23 : Résumé des recommandations pour l'évaluation du TAC chez les enfants avec TSA	84
Figure 24 : Résumé des recommandations dans le domaine sensori-moteur	85
Figure 25 : Résumé des recommandations, prise en charge du TAC chez les enfants avec TSA	89
Figure 26 : Aperçu global de la procédure expérimentale	94
Figure 27 : Déroulement de la visite d'inclusion	99
Figure 28: Récapitulatif des résultats de posturométrie. Illustration des comparaisons entre le groupe Asperger et le groupe contrôle au cours des 2 tâches de posturométrie.	102
Figure 29 : Récapitulatif des résultats de cinématique de la marche simple,.	102
Figure 30: Comparaison des performances de vitesse de pointage	103
Figure 31 : Comparaison des performances d'interception du groupe AS vs le groupe C	103
Figure 32 : Résultats de la cinématique de la marche en tâche duelle. Cadence.	104
Figure 33 : Résumé des performances motrices des personnes avec AS par rapport aux C	105
Figure 34 : Posturométrie en station debout avec les yeux ouverts	106
Figure 35 : Cinématique de la marche simple pour le groupe AS sans TAC versus AS avec TA	107
Figure 36 : Performances de pointage du groupe AS sans TAC versus AS avec TAC.	107
Figure 37 : Performance d'interception du groupe AS sans TAC versus le groupe AS avec TAC.	108
Figure 38 : Cinématique de la marche en tâche duelle calcul.	108
Figure 39 : Performances motrices des personnes AS avec TAC, vs les personnes AS sans TAC	109
Figure 40 : Test de l'interaction sensorielle dans l'équilibre, Cherng et al., 2007.	118

---

**AS** : Syndrome d'Asperger (Asperger Syndrome)  
**C** : Contrôle  
**COP** : Centre de gravité (Centre Of Pressure)  
**DI** : Déficience intellectuelle  
**EACD** : European Academy for Childhood Disability  
**HFA** : Autisme de Haut Niveau (High Functioning Autism)  
**TAC** : Trouble de l'Acquisition de la Coordination  
**TDAH** : Trouble du Déficit de l'Attention avec Hyperactivité  
**TM** : Temps de Mouvement  
**TR** : Temps de Réaction  
**TSA** : Troubles du Spectre Autistique  
**YF** : Yeux Fermés  
**YO** : Yeux Ouverts





## PERFORMANCES MOTRICES DES PERSONNES AVEC AUTISME DE HAUT NIVEAU



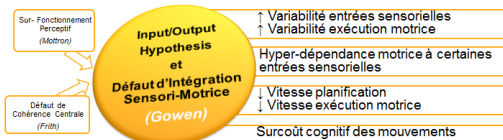
C. Gallot<sup>1 2</sup>, A. Amestoy<sup>1 2</sup>, E. Bestaven<sup>2</sup>, E. Guillaud<sup>2</sup>, J.R. Cazalets<sup>2</sup>, M.P. Bouvard<sup>1 2</sup>

(1) CRA - CH C.Perrens, Bordeaux; (2) INCI - CNRS UMR 5287, Bordeaux

### INTRODUCTION

Les personnes avec Troubles du Spectre Autistique (TSA) présentent des atypies motrices précoces puis développent des Troubles de l'Acquisition de la Coordination (TAC), avec un retentissement majeur. Pourtant, leurs performances motrices restent peu étudiées.

Au niveau théorique, le modèle développé par *Gowen & al. (2013)* a attiré notre attention. Elle émet l'hypothèse d'une augmentation des entrées sensorielles et des sorties motrices dans l'autisme, qu'elle appelle « input output hypothesis » et qui serait associée à des difficultés d'intégration sensorimotrice.



### Objectifs

1. Préciser le profil moteur des personnes avec Autisme de Haut Niveau (AHN)
2. Evaluer le degré d'automatisation de la marche.

### Hypothèses

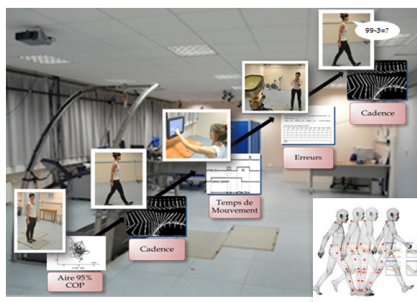
1. Les tâches motrices de « bas niveau » (station debout et marche) et celles de « haut niveau » (pointage et interception) sont altérées
2. Il y a une plus grande difficulté à réaliser des tâches duelles.



### METHODE

Le TAC a d'abord été évalué cliniquement, avec la QTAC (Questionnaire sur le TAC, Martini & al 2011) et au cours d'un entretien (critères DSM 5).

Nous avons ensuite évalué les compétences motrices en laboratoire d'analyse du mouvement (posturométrie, analyse cinématique et poste de pointage), au cours de quatre tâches motrices simples (station debout, marche, pointage et interception) et de tâches duelles pour la marche (marche avec calcul).

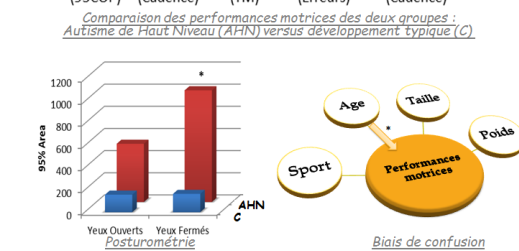
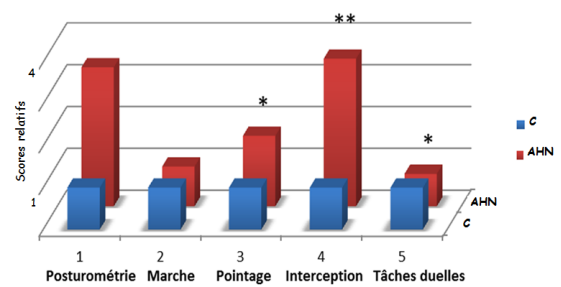


Vingt-huit participants de 12 à 30 ans ont été inclus : 14 sujets avec AHN, et 14 sujets contrôles appariés en âge et en sexe.

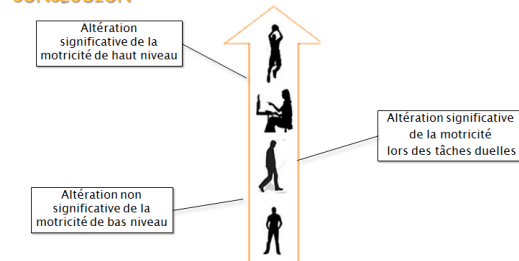
### RESULTATS

Cliniquement, la moitié des participants avec AHN rapportent une altération du développement de la motricité avec un handicap fonctionnel, ce qui est cohérents avec la prévalence du TAC dans la population avec TSA (50%).

Nos résultats expérimentaux mettent en évidence une tendance à l'altération la motricité de bas niveau, une altération significative de la motricité de haut niveau, associée à une altération de l'intégration motrice complexe (tâches duelles).



### CONCLUSION



Les personnes avec AHN ont des compétences motrices conservées à tous les niveaux, mais elles utilisent des processus différents: une hyper-dépendance à la vision, un ralentissement de la planification motrice alors que la précision est intacte, une motricité très cognitivo-requérante, et une augmentation de la variabilité des mouvements.

Ce profil moteur est en faveur de l'hypothèse input-output et du défaut d'intégration sensori-motrice de Gowen. Les tâches automatisées d'évaluation du mouvement ont leur place comme outils d'aide au diagnostic et de bio-marqueur dans les TSA.

Références:  
Gowen, E., & Hamilton, A. (2013). Motor abilities in autism: a review using a computational context. *Journal of autism and developmental disorders*, 43(3), 323-344.  
Martini, R., St-Pierre, M.-E., & Wilson, B. N. (2011). French Canadian Onset-Culture Adaptation of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire (OT-DQ-FC). *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 78(6), 316-327. doi:10.1080/cjot.2011.78.5.7

Dans le Trouble du Spectre de l'Autisme, ou TSA, la cooccurrence du Trouble de l'Acquisition des Coordinations, ou TAC, est fréquente, précoce, et de mauvais pronostic. Des facteurs de risque communs sont retrouvés dans ces deux troubles neurodéveloppementaux. Pourtant, la description de la baisse des performances motrices, la conduite à tenir diagnostique et thérapeutique demeurent peu claires. Notre étude en plateforme d'analyse du mouvement chez 28 participants âgés de 12 à 30 ans vise à préciser le profil des performances motrices dans le Syndrome d'Asperger. Une tendance à l'altération des performances motrices de bas niveau (posturométrie, analyse cinématique de la marche), une altération significative de celles de haut niveau (pointage, interception), et une baisse de l'automatisation des mouvements (tâche duelle) sont observées. Ce profil moteur est similaire à celui du TAC. Nous proposons donc une conduite à tenir basée sur les recommandations du TAC. Pour les personnes avec TSA, le bilan diagnostique du TAC doit être systématique, multidisciplinaire, avec au minimum un bilan médical, un bilan psychométrique, et un bilan des performances motrices (une évaluation globale, validée et standardisée, et un bilan de la graphomotricité). Le projet de soin du TAC pour les personnes avec TSA doit être personnalisé, visant des objectifs, évalué régulièrement, avec une rééducation (de type "orienté vers la tâche"), des stratégies de compensation, et une guidance des aidants. Les tâches automatisées d'évaluation du mouvement ont un potentiel prometteur de bio-marqueur, notamment pour évaluer l'efficacité des rééducations motrices orientées vers la tâche dans le TSA.

---

***Motors skills in Autism Spectrum Disorder:  
The question of Developmental Coordination Disorder***

Co-occurrence of Autism Spectrum Disorder (ASD) and Developmental Coordination Disorder (DCD) is frequent, with an early onset and a poor prognosis. Those two neurodevelopmental disorders probably share some causal factors. By contrast, the description of motors skills alterations in autism remains unclear, and there are no guidelines. The objective of this study is to describe motor skills in Asperger Syndrome, using objective movement analyzing tools, for 28 subjects, from 12 to 30 years old. We found a tendency in impairment of low level motor ability (posturography and kinematic analysis of walking), a significant alteration in the high level motor skills (pointing and interception) associated with impairment in movement automatization (dual task). Those impairments are similar with DCD. That's why we propose guidelines for ASD's motor assessment and treatment based on DCD's guidelines. DCD evaluation should be systematic for ASD patients with a medical examination, a psychometric assessment and norm valid motor tests (global and graphomotor). Treatment should be planned, with individual goal setting and regular evaluations. Task oriented approach, support strategies, and instructions for parents and teachers should be proposed. Automatized tools seem to be interesting potential biomarkers, and task oriented approach efficacy needs to be evaluated in ASD.

---

**Discipline :** psychiatrie

---

**Mots clés :** autisme, asperger, TAC, motricité, tâche duelle

---

**Université** de Bordeaux , UFR des Sciences Médicales, 146 rue Léo Saignat 33076 Bordeaux